



Osnovna šola Ljudski vrt Ptuj
Župančičeva ulica 10, Ptuj

Raziskovalna naloga

ALTERNATIVNA METODA IZDELAVE SONČNIH CELIC



Področje: ELEKTROTEHNIKA

Avtorici: Naja Arnuš, Vita Kac
Mentorica: Maja Smiljan, prof. kemije in matematike
Somentor: Robert Merlak, ing. elektrotehnike

Ptuj, marec 2025

POVZETEK

Zaradi večanja števila prebivalstva in težav, ki se pojavljajo pri izkoriščanju fosilnih goriv, vedno bolj stopajo v ospredje alternativni – naravni viri energije.

V raziskovalni nalogi sva želeli preučiti delovanje sončnih celic in ustvariti solarni panel, ki bi proizvedel dovolj energije za prižig žarnice. Poskusa sva se lotili na dva načina. V prvem sva CD ploščo ovili v bakreno žico in merili upornost. Panela nisva sestavili, ker sva domnevali, da ne bo pričakovanega učinka, glede na izmerjeno prevodnost in upornost celice.

V drugem delu sva CD ploščo premazali z raztopino titanovega dioksida. Kot protielektrodo sva drugo ploščo premazali z ogljem, nakapali nekaj kapljic elektrolita (raztopine kalijevega jodida) in plošči spojili. Dvanajst takih parov plošč sva zaporedno povezali in prelili z epoksi smolo, da sva fiksirali konstrukcijo. Po 24 urah sva panel izpostavili sončnim žarkom in z multimetrom izmerili napetost.

Ugotovili sva, da smo ustvarili dovolj veliko napetost za prižig led tlivke.

SUMMARY

Due to the increasing population and the problems that arise when exploiting fossil fuels, alternative - natural - energy sources are increasingly coming to the fore.

In our research project, we wanted to study the operation of solar cells and create a solar panel that would produce enough energy to light a light bulb. We approached the experiment in two ways. In the first, we wrapped a CD disc with copper wire and measured the resistance. We did not assemble the panel because we assumed that there would be no expected effect, given the measured conductivity and resistance of the cell.

In the second part, we coated the CD disc with a titanium dioxide solution. As a counter electrode, we coated the other disc with charcoal, added a few drops of electrolyte (potassium iodide solution) and connected the discs. We connected twelve such pairs of discs in series and poured epoxy resin to fix the structure. After 24 hours, we exposed the panel to sunlight and measured the voltage with a multimeter.

ZAHVALA

Zahvaljujema se mentorici gospe Maji Smiljan, učiteljici kemije, za pomoč pri načrtovanju raziskovalnega dela, izvedbi eksperimentalnega dela in svetovanju pri pisanju raziskovalne naloge.

Zahvala gre tudi somentorju g. Robertu Merlaku za strokovno podporo in spodbudo ter podjetju ZASE za možnost izvajanja eksperimentalnega dela raziskovalne naloge v njihovih prostorih.

Vsebina

POVZETEK	2
SUMMARY	2
Vsebina	4
1. UVOD	6
1.1 Hipoteze	6
2. TEORETSKI DEL	7
2.1 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	7
2.1.1 Biomasa	7
2.1.2 Vodna energija	8
2.1.3 Bioplin	8
2.1.4 Sončna energija	9
2.1.5 Geotermalna energija	10
2.1.6 Vetrna energija	10
2.2 SONČNE CELICE	11
2.2.1 Sestava sončne celice	11
3. METODE IN MATERIALI	15
3.1 SOLARNI PANEL IZ CD PLOŠČ IN BAKRENE ŽICE	15
3.1.1. Pripomočki	15
3.1.2. Ovijanje CD plošč	15
3.2 SOLARNI PANEL IZ CD PLOŠČ, TiO₂ IN AKTIVNEGA OGLJA	16
3.2.1. Pripomočki	16
3.2.2. Premaz titanovega dioksida	16
3.2.3. Premaz aktivnega oglja	18
3.2.4. Priprava panela z epoksi smolo	18
4. REZULTATI	19
4.1 CD PLOŠČA, OVITA V BAKRENO ŽICO	19
4.2 PANEL IZ CD PLOŠČ, TiO₂ IN AKTIVNEGA OGLJA	19
5. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK	20
6. LITERATURA	21

Kazalo slik

<i>Slika 1: Uporaba biomase za proces pridobivanja električne energije (Vir: storymaps.arcgis.com).....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 2: Biouplinjanje (Vir: storymaps.arcgis.com)</i>	<i>8</i>
<i>Slika 3: Pretvarjanje sončne energije v električno(Vir: storymaps.arcgis.com).....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 4: Sončni kolektorji (Vir: primerjam.si)</i>	<i>11</i>
<i>Slika 5: Sončne celice (Vir: Dom in vrt).....</i>	<i>11</i>
<i>Slika 6: Sestava sončne celice (Vir: Hudi).....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 7: Prehod elektronov od polprevodnika tipa n do polprevodnika tipa p (Vir: f9.ijs.si).....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 8: Elektronska konfiguracija za atom silicija (Vir: e-učbenik Kemija)</i>	<i>14</i>
<i>Slika 9: Vrtanje lukenj</i>	<i>15</i>
<i>Slika 10: Ovijanje CD plošč z bakreno žico.....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 11: Merjenje upornosti z multimetrom</i>	<i>16</i>
<i>Slika 12: Čiščenje odsevne plasti</i>	<i>17</i>
<i>Slika 13: CD z odsevno plastjo in brez odsevne plasti.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 14: Priprava raztopine titanovega dioksida.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 15: Premaz z raztopino titanovega dioksida.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 16: CD plošči, premazani s titanovim dioksidom in ogljem</i>	<i>18</i>
<i>Slika 17: Odstranjevanje laka iz bakrene žice</i>	<i>18</i>
<i>Slika 18: Zaporedna vezava CD plošč.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 19: Vliivanje epoksi smole.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 20: Meritev napetosti.....</i>	<i>19</i>

1. UVOD

Strmo naraščanje števila prebivalstva teži k večji porabi in potrebam po energiji. Fosilna goriva predstavljajo tveganje za onesnaževanje okolja, hkrati pa je njihova uporaba omejena. Naravni viri energije so še vedno slabo izkoriščeni, čeprav se na tem področju dogajajo večje spremembe.

V zadnjih desetih letih smo v Sloveniji uspeli podvojiti proizvodnjo, zlasti zelene elektrike. Najbolj spregledan vir energije je bila solarna toplotna tehnologija, ki v zadnjih letih narašča. Visoke trošarine na fosilna goriva ter delne subvencije pri gradnji solarnih panelov marsikoga prepričajo o namestitvi solarne elektrarne na strehe svojih domov. Kljub temu se včasih pojavi dilema glede stroškov in dobička pri izkoriščanju naravnih virov, kakor se je pojavilo v začetku letošnjega leta, ko so cene položnic električne energije narasle tudi do 8 kratne vrednosti zneska prejšnjega meseca. Zgodilo se je, da so elektrodistributerji zvišali cene omrežnine za lastnike sončnih elektrarn, saj naj bi povečano število teh elektrarn obremenjevalo omrežje, česar ni pred tem nihče predpostavil.

Zanimalo naju je na kak način se v sončnih celicah pretvarja svetlobna energija v električno in ali bi lahko doma sami ustvarili sončno celico iz pripomočkov, ki so nama na voljo. Na Youtube kanalu sva zasledili posnetek izdelave sončnega panela iz uporabljenih CD plošč. Posnetek naju je pritegnil, zato sva želeli preizkusiti v praksi ali je mogoče na takšen način zares ustvariti električno energijo.

V diplomski nalogi Anje Soklič iz leta 2011 sva zasledili fotovoltaične lastnosti titanovega dioksida TiO_2 .

Fotovoltaika pomeni pretvorbo energije fotonov v električno energijo, kar nam omogočajo sončne celice. Za iznajditelja sončnih celic v fizikalnem smislu štejemo fizika Becquerela (1839), silicijeve sončne celice pa so odkrili leta 1954 v Bellovih laboratorijih v ZDA (Medved in Novak, 2000).

Titanov dioksid so sprva uporabljali v debeloplastni tehnologiji sončnih celic ("screen-printed solar cells") kot protiodbojno prevleko zaradi odličnih optičnih lastnosti in nizke cene, kar je pripomoglo k večji prepustnosti vidne svetlobe in odbijanju IR - sevanja. Kasneje so ga začeli uporabljati kot material za elektronsko pasivizacijo površine sončnih celic, kar je povišalo same izkoristke zaradi zmanjšanja rekombinacij in podaljšalo njihovo življenjsko dobo (Richards, 2002).

Zamislili sva si poskus, kjer bi na CD ploščo dodali titanov dioksid, na drugo pa grafit kot protielektrodo. S povezavo in fiksiranjem CD plošč sva želeli ustvariti solarni panel.

1.1 Hipoteze

Pred pričetkom raziskovalne naloge sva si zastavili naslednji hipotezi:

1. Sončna celice iz CD plošče in bakrene žice bo ustvarila električno napetost od 0,25 – 0,5 V.
2. Solarni panel iz CD plošče, premazane s titanovim dioksidom in ogljem, bo ustvaril dovolj veliko napetost, da bo žarnica (LED tlivka) zagorela.

2. TEORETSKI DEL

2.1 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

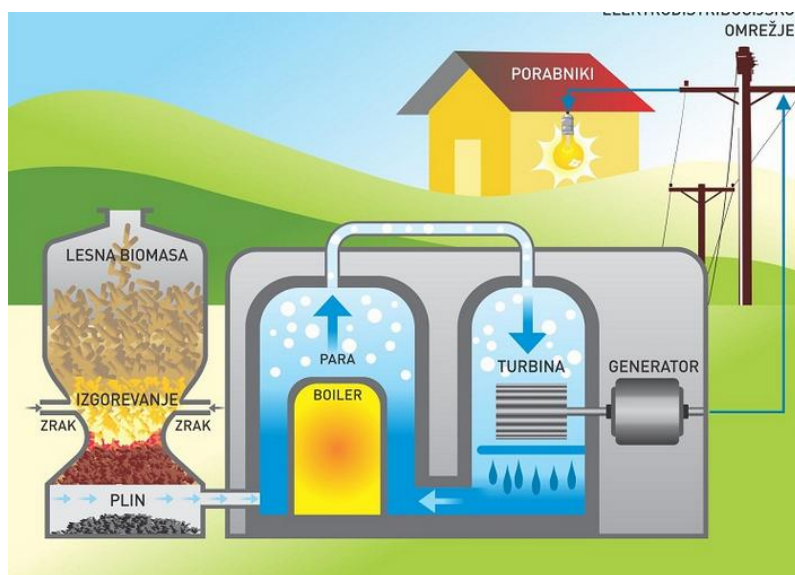
Obnovljivi viri energije vključujejo vse vire energije, ki jih zajemamo iz stalnih naravnih procesov, kot so sončno sevanje, veter, vodni tok v rekah, fotosinteza, zemeljski toplotni tokovi itd. Obnovljivi viri so viri, ki se obnavljajo in v naravi ohranjajo (Trajnostnaenergija.si, 2025).

2.1.1 Biomasa

Pojem biomasa označuje snovi, ki so predvsem organskega oz. rastlinskega izvora in nastajajo v procesu fotosinteze. Med biomaso prištevamo les kot najbolj razširjen vir za pridobivanje energije, slamo, hitro rastoče kulturne rastline (npr. sladkorni trs in oljna repica) in organske odpadke (živinorejski odpadki, komunalni odpadki, mulj iz čiščenja kanalizacijska voda). Energetika obravnava biomaso kot organsko snov, ki jo lahko uporabimo kot vir energije. V tem pomenu sodi biomasa med obnovljive vire energije. Biomaso uporabljamo predvsem za ogrevanje, lahko pa tudi za proizvodnjo elektrike ali druge namene.

Ocenjuje se, da na Zemlji letno s fotosintezo nastane okrog 1011 ton organskih snovi. Biomaso lahko uporabljamo neposredno za kurjenje, s čimer nastaja toplotna energija, ali pa jo z različnimi tehnološkimi procesi pretvorimo v tekoče in plinaste ogljikovodike, ki so uporabni kot gorivo (npr. bioplín in biodizel).

Slovenija ima zaradi svoje velike gozdnatosti (preko 50 % površine je poraščeno z gozdom) velike možnosti izrabe te biomase v gospodinjstvih za potrebe ogrevanja. Slovenija je za Finsko in Švedsko najbolj z gozdom poraščena država v Evropi. Izjemno ugodna je razporeditev biomase po državi, saj imajo skoraj vsa območja naše države lokalni dostop do nje. V Sloveniji je tudi nekaj občin, katerih pokritost površin z gozdom je večja kot 85 % (Trajnostnaenergija.si, 2025).



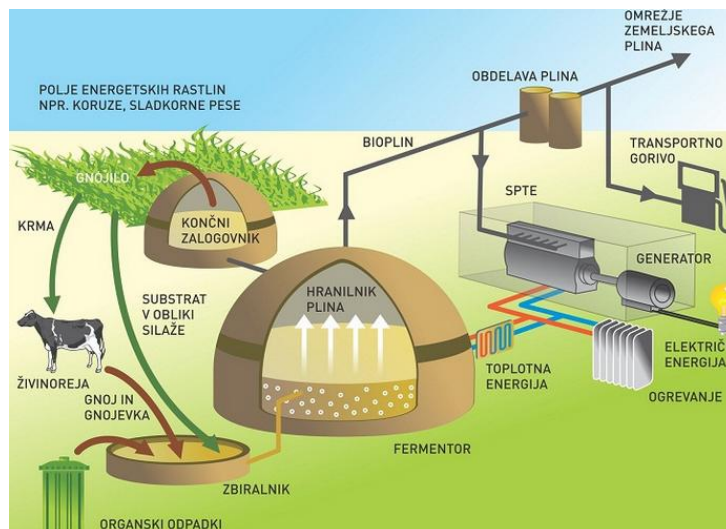
Slika 1: Uporaba biomase za proces pridobivanja električne energije (Vir: storymaps.arcgis.com)

2.1.2 Vodna energija

Voda je eden izmed najstarejših virov energije, ki se jih je človek naučil izkoriščati. Je najpomembnejši obnovljivi vir energije. Več kot petina vse elektrike na svetu je proizvedene z izkoriščanjem vodne energije, ki so jo začeli izkoriščati naši predniki že pred dvema tisočletjema. Več stoletij je hidroenergija namesto človeka opravljala fizično delo. Uporabljala se je v glavnem za neposreden pogon mlinov, žag, črpalk in drugih podobnih naprav. Kasneje so ugotovili, da lahko hidroenergijo pretvorijo v električno energijo. (Trajnostnaenergija.si, 2025)

2.1.3 Bioplin

Bioplin je plin, ki nastaja z vrenjem ali gnitjem organskih snovi oziroma odpadkov v enostavnejše sestavine pod vplivom fermentov in kvasovk brez prisotnosti zraka. Vsebuje največ metana (50 – 70 %), ogljikovega dioksida (30–40 %), poleg tega pa še žveplovodik, amonijak in dušik. Pridobivanje bioplina predstavlja eno izmed možnosti za učinkovito obdelavo organskih odpadkov. Bioplin lahko pridobimo skoraj iz vseh organskih materialov, ki vsebujejo zadosten delež ogljika: fekalij domačih živali, poljedelskih odpadkov, gospodinjskih odpadkov, odpadkov živilske industrije, klavniških odpadkov ter ostankov košnje in obrezovanja rastlin. Primerne so vse organske biološke snovi, katerih sestava se spremeni z delovanjem mikroorganizmov (Trajnostnaenergija.si, 2025).

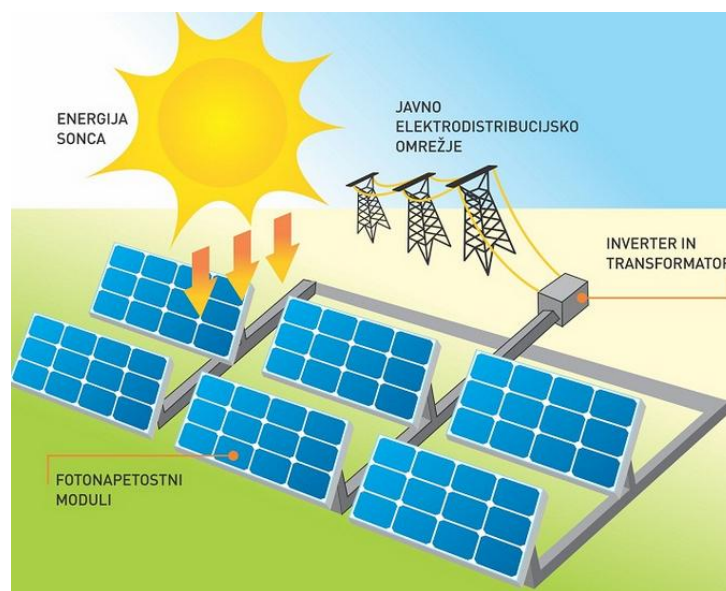


Slika 2: Biouplinjanje (Vir: storymaps.arcgis.com)

2.1.4 Sončna energija

Sončna energija je izraz, ki opisuje različne načine pridobivanja energije iz sončne svetlobe. Predstavlja enega izmed mnogih obnovljivih virov energije, ki dolgoročno obeta velik potencial za proizvodnjo elektrike. Človeštvo sončno energijo izrablja že stoletja, bolj intenzivno pa zadnje desetletje, ko se je začelo zavedanje o omejenosti drugih virov energije in vplivov na okolje. Za razliko od klasičnega pridobivanja elektrike je sončna energija čista, obnovljiva in nima škodljivega vpliva na okolje.

Sonce oddaja energijo zaradi stalne jedrske fuzije, pri kateri se vodik spreminja v helij. Vodik tvori približno 60 %, helij približno 35 %, vsi drugi elementi pa približno 5 % celotne mase sonca. Jedrska fuzija se dogaja v notranjosti sonca pri temperaturah (15–20)·10⁶ K in tlakih 10¹¹ barov. Pri tem se na račun energije stalno zmanjšuje masa za približno 5·10⁹ kg/s. Sončno sevanje je elektromagnetno sevanje črnega telesa pri temperaturi 5760 K z valovnimi dolžinami od okrog 0,25 μm (ultravijolično sevanje) do okrog 3 μm (infrardeče sevanje). Gostota sončnega sevanja je najmočnejša pri valovni dolžini okrog 0,5 μm, ki leži v vidnem spektru sevanja (svetloba) in pripada zeleni barvi. Sevanje na zemljo sestavljajo direktno (neposredno od sonca) in difuzno sevanje (posredno »odbito« od različnih delcev), pri čemer se razmerje med njima spreminja glede na položaj točke na zemlji, letni čas in glede na vremenske razmere. Sončno sevanje je trajen vir energije, ki ga narava izkorišča od samih začetkov. Letna količina sončne energije, ki pade na Zemljo, presega osem tisočkrat letne svetovne potrebe po primarni energiji. Pretvorba energije se zgodi ob vpadu sončnega sevanja na sprejemnik. Rastline s fotosintezo pretvarjajo sončno energijo v kemično (biomasa), solarni kolektorji v toploto, sončne celice pa pretvarjajo sončno energijo neposredno v električno energijo. (Trajnostnaenergija.si, 2025)



Slika 3: Pretvarjanje sončne energije v električno (Vir: storymaps.arcgis.com)

2.1.5 Geotermalna energija

Geotermalna energija je toplota, ki nastaja in je shranjena v notranjosti Zemlje. Izkoriščamo jo lahko neposredno z zajemom toplih vodnih ali parnih vrelov oziroma z odvzemom toplote vročim kameninam.

Povprečna vrednost toplote moči Zemljine notranjosti je ocenjena med 60 in 70 W/m². Povprečna toplota, ki se s prevodom toplote pojavlja dnevno na površini, je 1,4 W/m² (Trajnostnaenergija.si, 2025).

2.1.6 Vetrna energija

Energija vetra je tako kot vodna energija posledica obsevanja Zemljinega površja s sončnimi žarki. Sonce različne dele kopnega, morja in ozračja segreva z različno jakostjo. Ko se toplejši ali vlažnejši zrak dviguje, podenj priteka hladnejši oziroma bolj suh zrak. Tako nastajajo zračni tokovi oziroma veter.

V preteklosti se je energija vetra uporabljala v prometu in transportu (jadrnice) ter seveda za pogon mlinov na veter in na sušnih območjih za črpanje vode. Dandanes se jadrnice uporabljajo le za rekreacijo in šport, mline na veter pa je nadomestila modernejša tehnologija. V omejenem obsegu obstaja le še uporaba vetra za črpanje vode. Na novo pa so se pojavile vetrne elektrarne, ki energijo vetra pretvarjajo v električno energijo. Te so zelo razširjene predvsem v razvitih državah, in sicer na dobro prevetrenih območjih.

Vetrna elektrarna je elektroenergetski objekt, kjer z močjo vetra vrtimo vetrnico, s tem pa energijo vetra pretvarjamo v električno energijo.

Sodobne vetrne turbine so visoki stolpi z vetrnicami. Veter obrača vetrnico, ki so povezane z električnim generatorjem. Pomembno je, da so vetrne turbine postavljene na predelih s čim bolj konstantnim vetrom (esvet.si, 2025).

2.2 SONČNE CELICE

Dandanes opazimo, da je vse več streh pokritih s temnimi ploščami - sončnimi celicami. Uporabljamo jih za pretvarjanje sončne energije v električno. Sončnih (svetlobnih) celic ne smemo enačiti s kolektorji, ki jih lahko prav tako pogosto opazimo na strehah, a se uporabljajo za segrevanje vode.



Slika 4: Sončni kolektorji (Vir: primerjam.si)



Slika 5: Sončne celice (Vir: Dom in vrt)

2.2.1 Sestava sončne celice

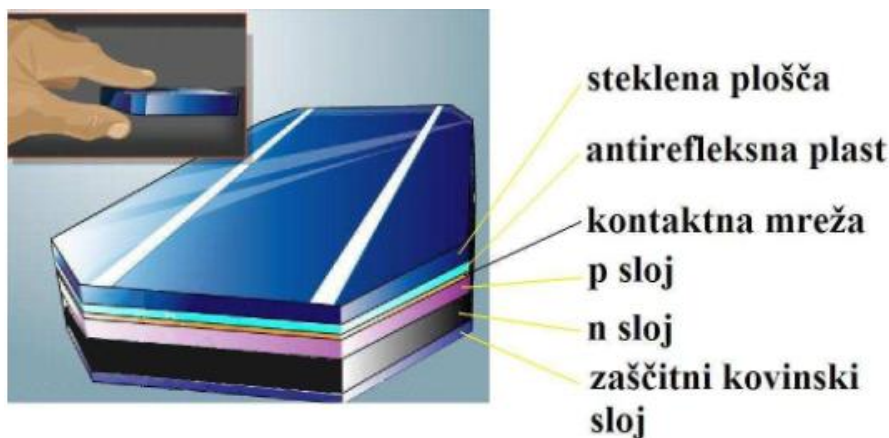
V grobem ločimo tri vrste sončnih celic: monokristalne, polikristalne in amorfne sončne celice. Amorfne sončne celice imajo najslabši izkoristek, ta se giblje od 6 do 8 %. Poleg slabega izkoristka imajo še eno slabost in ta je, da se hitreje starajo, vendar jih je najlažje izdelati, zato je tudi cena ugodna. To sta dve ključni lastnosti, zaradi katerih bodo mogoče v prihodnosti perspektiven material.

Monokristalne sončne celice so bile najprej množično proizvedene, kar je razlog, da so danes najbolj razširjene. Proizvajajo jih iz kaljenega stekla v aluminijastih okvirjih, zato so odporne na najtežje vremenske pogoje, kar vključuje tudi točo. Izkoristki monokristalnih sončnih celic so med 15-18%, kar je največ od omenjenih tipov. Zaradi najvišjega izkoristka so tudi najdražje. Izkoristki polikristalnih sončnih celic so od 12 - 14%. V zgradbi je največja razlika pri kristalnih ravninah. Monokristalne celice so najbližje idealnemu kristalu, ker nimajo kristalnih mej.

Polikristalne, še bolj pa amorfne sončne celice odstopajo od ideala. Sestavljena so iz velikega števila kristalnih zrn, ki so med seboj ločena s kristalnimi mejami. Pri monokristalnih celicah se sončni žarki manj razsujejo na gladki površini, kar je razlog za višji izkoristek (Hudi, 2009).

Slika 6 prikazuje sestavo sončne celice. V splošnem jo razdelimo v šest slojev. Na vrhu je steklena plošča, ki ostale plasti varuje pred mehanskimi vplivi kot so dež, veter, toča in podobno. Sledi antirefleksna plast. Z njo dosežemo zmanjšan odboj svetlobe, zato se več fotonov absorbira in poveča se izkoristek. Ko fotoni padejo na sončno celico, obstajajo tri možnosti, kaj se bo z njimi zgodilo, odvisno od valovne dolžine svetlobe in s tem energije fotona. Večja kot je valovna dolžina svetlobe, manjša je energija fotona. Če je energija prevelika, bo foton predril vse plasti in od njega ne bomo imeli nobene koristi. Če je energija premajhna se lahko foton odbije od površine, spet nobene koristi.

Pretvorbo svetlobne v električno energijo dobimo samo v primeru, ko je energija fotona ravno pravšnja, da foton pride do stika n in p - tipa polprevodnika. Tretja plast je kontaktna mreža. Narejena je iz dobrega prevodnika. Njena vloga je, da zbira elektrone, nato sledita p in n - tip polprevodnika. Na dnu je še zadnja plast, ki je narejena iz kovine in služi kot prevodnik električnega toka.



Slika 6: Sestava sončne celice (Vir: Hudi)

Foton je osnovni delec elektromagnetnega valovanja. Njegova energija je odvisna od valovne dolžine oziroma frekvence svetlobe in je z njo povezana z enačbo:

$$W_{fotona} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

kjer je h Planckova konstanta:

$$h = 6.62606957 \times 10^{-34} \text{kgm}^2/\text{s} = 6.62606957 \times 10^{-34} \text{Js}$$

c pa hitrost svetlobe.

POLPREVODNIK

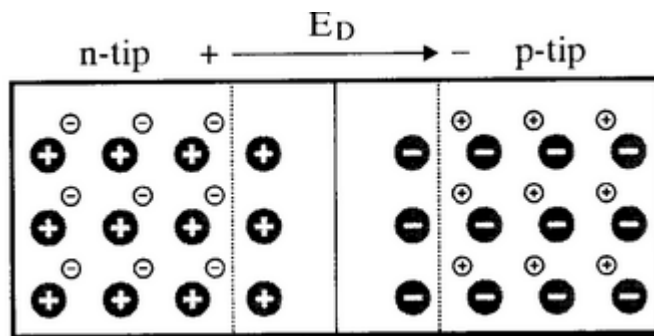
Polprevodnik je monokristalna snov, ki ima brez dovedene energije lastnosti električnega izolatorja, pri dovolj veliki dovedeni energiji pa ima lastnosti slabega električnega prevodnika. Od tod tudi njegovo ime. Uporabljajo se za izdelavo nelinearnih elektronskih elementov (dioda, tranzistor, čip, triak,...). Sodobne elektronike si ne moremo zamišljati brez polprevodnikov. Najbolj znan polprevodnik v elektroniki je silicij, uporablja pa se tudi germanij.

∞ POLPREVODNIK TIPA N

Čistemu siliciju dodamo petvalentne atome (fosfor (P), Arzen (As), antimon (Sb)). Primesi zasedejo mesto štirivalentnega silicija. Peti valentni elektron primesi nima povezave in je že pri sobni temperaturi prosti elektron. Atom primesi postane pozitiven ion. S tem smo dobili dodatne elektrone in povečali prevodnost polprevodnika. Ker so nosilci elektrone elektroni z negativnim nabojem se tak polprevodnik imenuje N-tip. Primesi, ki nam dodajajo elektrone imenujemo donatorji.

∞ POLPREVODNIK TIPA P

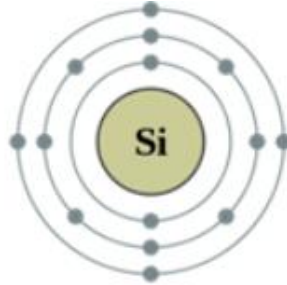
Čistemu polprevodniku dodamo trivalentne atome (bor (B), aluminij (Al), galij (Ga), indij (In)). Pri valenčni povezavi bo nastala luknja oziroma vrzel, ker bo manjkal elektron. Na to mesto bo vzkročil prosti elektron iz okolice, zaradi tega nastane drugje vrzel. Atom postane zaradi dodatnega elektrona negativni ion. Polprevodniku se spremeni prevodnost zaradi dodanih vrzeli in ga imenujemo P - tip. Primesi, ki nam odvezemajo elektrone in ustvarjajo vrzeli imenujemo akceptorji (Soklič, 2011).



Slika 7: Prehod elektronov od polprevodnika tipa n do polprevodnika tipa p (Vir: f9.ijs.si)

SILICIJ

Silicij je 14. element periodnega sistema in ga najdemo za aluminijem in pred fosforjem. Aluminij je kovina, fosfor pa nekovina. Silicij ima nekatere lastnosti kovin in nekatere lastnosti nekovin, zato ga uvrščamo med polkovine. Ima 4 valenčne elektrone.



Slika 8: Elektronska konfiguracija za atom silicija (Vir: e-učbenik Kemija)

Silicij je zelo pogost element v vesolju, a ga redko srečamo v elementarni obliki. Najpogosteje je vezan v spojinah s kisikom (npr. silicijev dioksid SiO_2). Zemljino skorjo sestavljajo različni silikatni minerali, zaradi česar je silicij drugi najbolj prisoten element v Zemljini skorji (takoj za kisikom) (E-učbenik kemija 8, 2025).

SREDIŠČE SODOBNE TEHNOLOGIJE

Silicij uporabljamo v polprevodniških sistemih v elektronskih napravah, tako da mu primešamo element s petimi valenčnimi elektroni (fosfor, arzen) ali s tremi valenčnimi elektroni (bor, galij), s čimer dobimo polprevodnika dveh različnih tipov (tip p in tip n).

Silicij najdemo tudi v optičnih vlaknih pri gradnji optičnih omrežij, kjer dolga optična vlakna omogočajo hiter prenos svetlobnega signala čez velike razdalje z minimalnimi izgubami.

3. METODE IN MATERIALI

**V nadaljevanju so vsi neoznačeni viri slik lastni*

3.1 SOLARNI PANEL IZ CD PLOŠČ IN BAKRENE ŽICE

3.1.1. Pripomočki

Pri eksperimentu smo uporabili naslednje pripomočke:

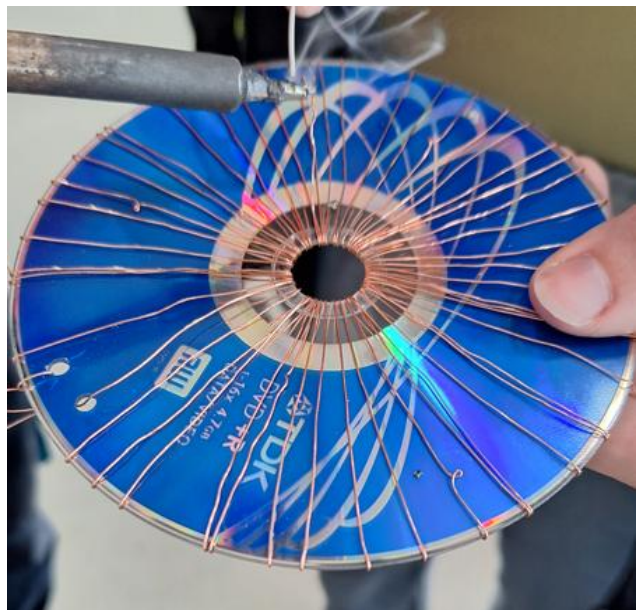
- CD plošče,
- bakreno žico 0,25 mm,
- bakreno žico 0,65 mm,
- etanol,
- vata,
- akumulatorski vrtalnik,
- vrtalni sveder
- multimeter.

3.1.2. Ovijanje CD plošč

CD plošče smo obrisali z etanolom in vanje izvrtali dve luknji. CD smo nato ovili s petdesetimi ovoji bakrene žice. Z multimetrom smo izmerili upornost.



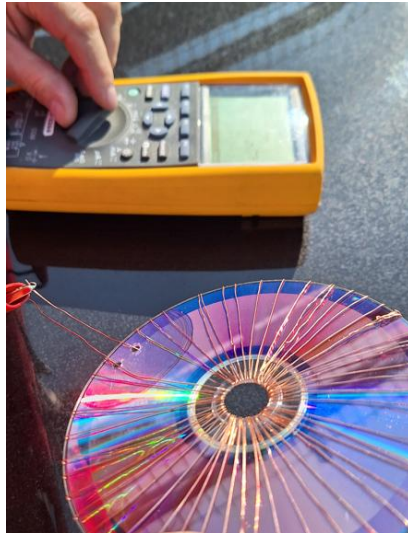
Slika 9: Vrtanje lukenj



Slika 10: Ovijanje CD plošč z bakreno žico

MULTIMETER

Multimeter je elektronsko orodje, ki se uporablja za merjenje napetosti, ojačevalnikov in upornosti v vezjih. Pri pritrditvi dveh vodnikov na različne dele električnega sistema lahko profesionalci uporabljajo multimetre za odkrivanje ravni napetosti in upora ali sprememb električnih tokov. (Electrotop, 2025)



Slika 11: Merjenje upornosti z multimetrom

3.2 SOLARNI PANEL IZ CD PLOŠČ, TiO_2 IN AKTIVNEGA OGLJA

3.2.1. Pripomočki

- CD plošče,
- etanol,
- titanov dioksid TiO_2 ,
- oglje v prahu,
- kalijev jodid KI,
- epoksi smola,
- spajkalnik,
- voda,
- čopič,
- bakrena žica 0,65 mm,
- lesena plošča,
- lepilo v stiku,
- LED tlivka,
- multimeter.

3.2.2. Premaz titanovega dioksida

Iz CD – jev smo obrisali odsevno plast tako, da smo CD namočili v vodo iz z gobico podrsali po plasti. Na CD – ju je ostala prozorna plastika. Pripravili smo vodno raztopino titanovega dioksida in premazali očiščeno plast CD -ja.



Slika 12: Čiščenje odsevne plasti



Slika 13: CD z odsevno plastjo in brez odsevne plasti



Slika 14: Priprava raztopine titanovega dioksida



Slika 15: Premaz z raztopino titanovega dioksida

TITANOV DIOKSID

Titanov dioksid, znan tudi kot titanov (IV) oksid ali titanija, je anorganska spojina s kemijsko formulo TiO_2 . Titanov dioksid, ki je bil prvič množično proizveden leta 1916, je zaradi svoje svetlosti in zelo visokega lomnega količnika, po katerem ga prekaša le še nekaj drugih materialov (glej seznam lomnih količnikov), najpogosteje uporabljen beli pigment. Med drugim se uporablja tudi v sončnih celicah, občutljivih na barvo, ki so vrsta kemične sončne celice (znane tudi kot Graetzelove celice).

Titanov dioksid se zelo pogosto nahaja v kozmetičnih izdelkih kot so pudri in kreme, predvsem v sončnih kremah, kjer nas ščiti pred UV svetlobo. Titanov dioksid namreč razprši in odbija neželene UV žarke. Deluje kot fotokatalizator. Učinkovitost in trajnost sta bili doseženi z

vnašanjem nereda v mrežno strukturo površinske plasti nanokristalov titanovega dioksida, kar omogoča absorpcijo infrardeče svetlobe (FKKT Lj, 2014).

3.2.3. Premaz aktivnega oglja

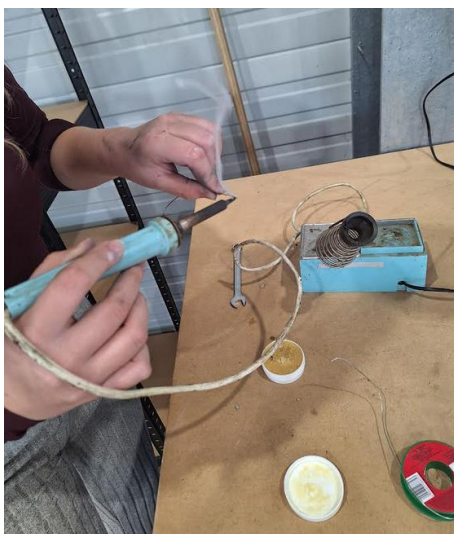
Drugi CD smo premazali z lepilom in s čopičem nanесли oglje v prahu. Med obe plasti smo dodali nekaj kapljic raztopine kalijevega jodida, ki deluje kot elektrolit.



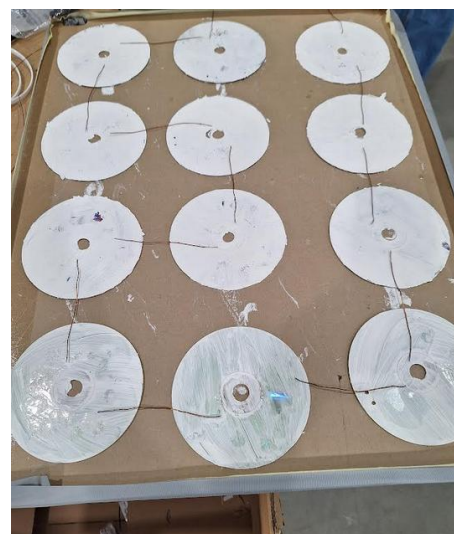
Slika 16: CD plošči, premazani s titanovim dioksidom in ogljem

3.2.4. Priprava panela z epoksi smolo

Dvanajst CD plošč, premazanih z raztopino TiO_2 smo položili na leseno ploščo, na vsako dodali nekaj kapljic elektrolita raztopine kalijevega jodida in jih zaporedno povezali z bakreno žico.



Slika 17: Odstranjevanje laka iz bakrene žice



Slika 18: Zaporedna vezava CD plošč

Vsako CD ploščo smo prekrili s ploščo, na kateri je bila nanešena plast oglja. Na panel smo vlili epoksi smolo in 24 ur počakali, da se je strdila. Nato smo izmerili električno napetost z multimetrom in panel povezali z LED žarnico.



Slika 19: Vlivanje epoksi smole



Slika 20: Meritev napetosti

4. REZULTATI

4.1 CD PLOŠČA, OVITA V BAKRENO ŽICO

Ko smo CD ploščo ovili z 0,25 mm bakreno žico, smo CD izpostavili soncu. Z multimetrom smo izmerili neprekinjenost celotnega panela. Merili smo upornost, ki je bila 1,8 ohma. Napetost pa 0,9 V .

4.2 PANEL IZ CD PLOŠČ, TiO_2 IN AKTIVNEGA OGLJA

Ko smo panel iz CD plošč premazali s titanovim dioksidom, ogljem in fiksirali z epoksi smolo, smo ga izpostavili sončnim žarkom pod kotom 35 stopinj, pravokotno na sončne žarke. Z multimetrom smo izmerili napetost, ki je nihala med 0,5 V in 2 V, dovolj, da je zasvetila LED tlvka.

5. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

Cilj raziskovalne naloge je bil ustvariti solarni panel iz CD plošč in bakrene žice, kot sva ga zasledili v posnetku. Elektrokemična razlika med bakrom in aluminijem naj bi povzročila sproščanje elektronov. Najprej sva uporabili žico debeline 0,25 mm. Izmerjena upornost je bila večja, zato sva se odločili, da poskus ponovimo z debelejšo žico in sicer 0,65 mm. Tokrat je bila električna upornost manjša, električna napetost pa 0,0485 mV. Zaradi nizkih izmerjenih vrednosti, sva se odločili, da poskusa v tej smeri ne nadaljujemo. S tem sva ovrgli najino 1. hipotezo, ki pravi, da bo pričakovana izmerjena napetost med 0,25 in 0,5 V. Za nadaljnje raziskave priporočava uporabo kombinirane celice, torej uporabo neoksidirane bakrene žice in oksidirane žice, ki jo dosežemo s segrevanjem. Na bakru bi se s segrevanjem tvorila plast bakrovega oksida, kar bi povzročilo sproščanje elektronov. Razlika potencialov med oksidirano in neoksidirano žico bi ustvarila električni tok.

V drugem delu raziskovalne naloge smo uporabili titanov dioksid in oglje, ki smo ga nanесли na očiščeno CD ploščo. Med njiju smo dodali elektrolit in ju položili na ploščo. 12 takih sestavov smo zaporedno povezali v panel, ki smo ga oblili z epoksi smolo. Po 24 urah smo panel izpostavili soncu in mu izmerili električno napetost. Pričakovana napetost en par CD plošč bi naj bila po podatkih iz literature med 0,2 in 0,6 V, torej bi bila pričakovana izmerjena napetost panela s 12 pari CD plošč do 6 V-7,2 V. Naša izmerjena napetost je bila 2 V. Zasvetila je LED tlvka in potrjena je bila naša druga hipoteza. Manjša napetost je bila zaradi slabih galvanskih stikov. Za nadaljnje raziskave predlagamo vspostavitve boljšega galvanskega stika med CD ploščami.

Če bi želeli dobiti delovno napetost 500V DC (enosmerne napetosti), bi potrebovali 250 takšnih celic - panelov, torej 6000 CD - jev. Za to napetost bi potrebovali površino velikosti cca. $0,35 \times 250 = 87,5 \text{ m}^2$. To je realnosti seveda zelo velika, neracionalna površina (preveliki stroški in preveč prostora za takšno napetost). Kljub temu je zadeva izvedljiva. Uporabili bi razsmernik iz DC v AC napetost. Tedaj bi zasvetila žarnica z napetostjo 240 VAC in 40 W moči.

6. LITERATURA

- i. Richards B.S.: Novel use of titanium dioxide for silicon solar cells, Dissertation, 2002
- ii. Lorencon R. 1996. Elektronski elementi in vezja. Studio Maya, Ljubljana
- iii. Medved S., Novak P. 2000. Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
- iv. Soklič, A.: Nanos in morebitni vpliv samočistilne tanke plasti TiO₂ – SiO₂ na izkoristek fotonapetostnega modula, Diplomsko delo, Nova Gorica, 2011
- v. https://fizika.fnm.um.si/wp-content/uploads/2020/03/Hudi_Primo%C5%BE.pdf (17.1.2025)
- vi. <https://blog.feniceenergy.com/how-do-solar-panels-work-a-simple-explanation/> (10.1.2025)
- vii. <https://www.esvet.si/drugi-viri-energije/vetrna-energija> (10.1.2025)
- viii. https://si.openprof.com/wb/fotoni_in_fotoefekt?ch=2126 (10.1.2025)
- ix. <https://www.youtube.com/watch?v=kTLvERQMu1k> (5.12.2024)
- x. <https://electrotop.tomathouse.com/sl/elektroprovodka/multimetr-eto> (14.2.2025)
- xi. <https://eucbeniki.sio.si/kemija8/954/index1.html> (17.1.2025)
- xii. https://wiki.fkkt.uni-lj.si/index.php/Titanov_dioksid (10.1.2025)
- xiii. <https://www.ijs.si/ijsw/F9> (10.1.2025)
- xiv. <https://www.trajnostnaenergija.si/Trajnostna-energija/> (17.1.2025)
- xv. <https://www2.ung.si/~library/diplome/OKOLJE/72Soklic.pdf> (10.1.2025)