

VAKUUMIST

4

april
1983

GLASILO DRUŠTVA ZA VAKUUMSKO TEHNIKO SLOVENIJE

VSEBINA

1. Pred kongresom v Madridu - 1983
 2. IX. jugoslovanski vakuumski kongres
 3. SnO₂-nSi sončne celice
 4. Koledar pomembnih vakuumskih prireditev v letu 1983
 5. Vabilo na simpozij: Vakuumske tanke plasti - merilne metode in izvori
 6. Posvetovanje o uprabi vakuuma v tehnologiji materialov
 7. XIX. jugoslovanski simpozij SD-83
 8. Kratke novice, obvestila in zanimivosti
-

PRED KONGRESOM V MADRIDU - 1983
(povzetek 1. in 2. obvestila)

Letos organizira špansko vakuumsko društvo (ASEVA) v imenu Mednarodne vakuumске zveze (IUVSTA) svetovni vakuumski kongres (zadnji je bil pred tremi leti v Cennesu) in sicer v Madridu, v National Conference Centre, v času od 26. septembra do 1. oktobra 1983.

Namen kongresa je pripraviti veliko predstavitev zadnjih dosežkov na področju vakuumске znanosti in njene uporabe. Zaradi velikega pomena, ki ga ima to področje za splošno znanost in tehnologijo, so organizatorji razdelili kongres v sledeče sekcije:

V. MEDNARODNA KONFERENCA O POVRŠINAH TRDNIH SNOVI

- sekcija o znanosti površin (SS)

IX. MEDNARODNI VAKUUMSKI KONGRES

- sekcija o vakuumski znanosti in površinah (VS)
- sekcija o tankih plasteh (TF)
- sekcija o materialih za elektroniko (EMP)
- sekcija o fuziji (F)
- sekcija o vzgoji v vakuumski znanosti in uporabah (EVS)

Da bi zagotovili najvišjo znanstveno in tehnološko raven sta organizator in IUUSTA postavila nadzorne komisije za vsako sekcijo. Le-te usmerjajo, svetujejo in kreirajo znanstveni slog kongresa; trudijo se, da bi bila zasedanja čimbolj polno številna, ter da bi v vsaki sekciji sodelovali tudi visoko strokovni, posebej vabljeni predavatelji. Prav zato je bilo razposlanih še okrog 100 vabil. Organizirana bodo tudi skupna zasedanja sekcij, ki imajo skupno problematiko tako, da bo možno čim lažje kontaktirati medseksijsko. Udeleženci se bodo lahko po želji vključili v katerokoli skupino in se udeležili kateregakoli zasedanja. Organizatorji bodo pripravili tudi informacijske sestanke oz. seminarje, kakršne bodo želeli udeleženci.

Organizacijski komite je skrbno proučil tudi ekonomsko stran kongresa in vprašanje kotizacije. Znatno pomoč so prispevali različni forumi španske vlade. To je omogočilo, da se je kljub inflaciji zadnjih treh let kotizacija povečala samo za 15 % od one na zadnjem kongresu v Cannesu.

Istočasno s kongresom bo velika razstava naj-sodobnejše opreme, instrumentov in naprav, namenjenih za delo na vseh področjih, katera bo obravnaval kongres.

Uradni jezik bo angleščina.

Organizacijski komite vljudno vabi k udeležbi in kliče vsem: "Dobrodošli v Madridu".

PREDVIDENI PROGRAM

V. MEDNARODNA KONFERENCA O POVRŠINAH TRDNIH SNOVI

(SS) Znanost o površinah (Surface Science)

- (SS-1) Analize površin
- (SS-2) Strukture površin
- (SS-3) Spektroskopija površin

- (SS-4) Kinetika in dinamika na površinah
- (SS-5) Elektronska struktura na površinah
- (SS-6) Interakcija delcev s površinami
- (SS-7) Temeljni pogledi na površinske reakcije in heterogene katalizacije
- (SS-8) Termodinamika in statika površin
- (SS-9) Stične ploskve: trdnina-trdnina, trdnina-kapljevina in kapljevina-plin.

IX. MEDNARODNI VAKUUMSKI KONGRES

(VST) Vakuumska znanost in tehnologija (Vacuum Science and technology)

- (VST-1) Vakuumska merjenja
- (VST-2) Masna spektrometrija
- (VST-3) Vakuumska fizika
- (VST-4) Priprava vakuuma
- (VST-5) Priprava vakuuma vključno z napravami za fuzijo
- (VST-6) Preizkušanje tesnosti in odpravljanje lukenj
- (VST-7) Vakuumska metalurgija
- (VST-8) Vakuumska tehnologija pri procesih plazme
- (VST-9) Vakuumska tehnologija pri raziskovanju vesolja
- (VST-10) Vakuumska tehnologija pri jedrskih napravah (pospeševalniki)

(TF) Tanke plasti (Thin films)

- (TF-1) Priprava površin za nanos tankih plasti
- (TF-2) Tehnike nanašanja tankih plasti
- (TF-3) Tanke plasti: stične ploskve in površine
- (TF-4) Analitski instrumenti s prostorsko ločljivostjo
- (TF-5) Amorfnе polvodniške plasti
- (TF-6) Lastnosti transporta
- (TF-7) Večplastni enojni kristali
- (TF-8) Nastajanje in rast
- (TF-9) Lastnosti zgradbe (struktura)
- (TF-10) Uporaba tankih plasti

(EMP) Materiali za elektroniko - predelava in tehnologije (Electronic materials processing)

- (EMP-1) Litografija in prenos vzorca
- (EMP-2) Interakcije curkov energije z materiali
- (EMP-3) Suho jedkanje in karakterizacija plazme
- (EMP-4) Tehnologije plazme in naprave
- (EMP-5) Medsebojne povezave večih plasti
- (EMP-6) Sistem izolator - polprevodnik
- (EMP-7) Polimeri
- (EMP-8) Večplastni enojni kristali
- (EMP-9) Strukture za elektronske in opto-elektronske naprave

- (EMP-10) Prikazalniki
- (EMP-11) Analitski instrumenti s prostorsko ločljivostjo
- (EMP-12) Površinske analize

(F) Fuzija (Fusion)

- (F-1) Načrtovanje in konstrukcija velikih vakuumskih sistemov za fuzijske naprave
- (F-2) Črpanje pri fuzijskih napravah
- (F-3) Merjenje tlaka v fuzijskih napravah
- (F-4) Preizkušanje tesnosti in odprava napak

- pri napravah za plazmo
- (F-5) Diagnostika plazme
- (F-6) Interakcije plazma-stena
- (F-7) Razvoj vakuumskih materialov
- (F-8) Razvoj tarče za lasersko fuzijo
- (F-9) Radiaktivni plini - rokovanje, shranjevanje in pridobivanje radiaktivnih plinov
- (F-10) Tehnologija vbrizgavanja curkov nevtralnih in negativno nabitih delcev
- (F-11) Polnjenje z gorivom
- (F-12) Industrializacija fuzijske moči

IX. JUGOSLOVANSKI VAKUUMSKI KONGRES
(Obvestilo Društva za vakuumsko tehniko SR Hrvatske, 41000 Zagreb, Berislavićeva 6, SITH)

Društvo za vak. tehniko SR Hrvatske in Organizacijski odbor vas pozivata, da sodelujete na IX. kongresu JUVAK-a, ki bo v Zagrebu 13., 14. in 15.10.1983 in sicer:

- a) kot avtorji referata
- b) kot razstavljalci vakuumskih naprav in tehnologij

Problematika vakuumске tehnike je vse bolj prisotna tako v dandanašnjih znanstvenih raziskavah, kakor tudi v praksi-v različnih vejah industrije. Posamezni pomembni postopki mnogih modernih tehnoloških procesov se odvijajo v vakuumu in prenekaterе sodobne proizvodnje si brez vakuuma - ali grobega ali ultravisokega - pravzaprav ni več možno predstavljati. Prav tako je treba poudariti, da je optimalna uporaba vak. tehnologije mogoča samo ob poznavanju rezultatov najnovejših raziskav predvsem na področju meritev in regulacije vakuuma.

Če spremljamo vakuumsko problematiko, lahko ugotovimo, da praktično vse vak. tehnologije v proizvodnji bazirajo na uvoženi opremi. Prav ta odvisnost od uvoza pa za mnoge potencialne uporabnike vakuumске tehnike predstavlja mejo, na kateri se začne razvoj zaustavljati. Ob dejstvu, da je ena osnovnih prizadevanj naše družbe, da se maksimalno opremo na lastne moči, moramo za reševanje problemov, ki se pojavljajo pri vakuumskih tehnologijah, zainteresirati čim večji krog domačih znanstvenih, projektantskih in proizvodnih delovnih organizacij.

Prav vsak korak storjen v tem procesu je velika pridobitev, kajti reševati probleme na področju vakuumске tehnike z uvoženo opremo je zelo drago. Mislimo, da nismo nerealni v oceni, da lahko mnogo kompliciranih vakuumskih postrojenj izdelamo kvalitetno tudi doma in da moramo gojiti željo, da iz uvoznikov vakuumskih tehnologij postanemo tudi izvozniki. Za to že sedaj obstajajo nekatere tehnološke možnosti naše industrije.

Ob uvajanju lastnega inženiringa pa bo treba tehtno premisliti, ali je upravičeno osvajati prav vse komponente posameznih vakuumskih sistemov, kajti običajno je cena komponent manjši del cene celotnega sistema; ostalo pa je "pamet".

Kongresne teme so predlagane tako, da se vzpodbudi in konkretizira dejavnost, ki smo jo ravnokar nakazali, razdelimo jih pa lahko na štiri skupine:

- a) Znanstveno-raziskovalna dela s področja fizike vakuuma
- b) Raziskovalna in strokovna dela s področja vakuumске tehnike in tehnologije,
- c) Dela s področja proizvodnje, uporabe in servisiranja vakuumskih komponent in naprav,
- d) Možnosti projektiranja proizvodnje in izvedbe kompleksnih vakuumskih sistemov za domačo industrijo.

Te teme se bodo obravnavale v treh grupah in

sicer:

- I. grupa - Oprema za doseganja vakuuma, meritve in regulacija vakuuma
- II. grupa- Vakuumske tehnologije s poudarkom na problemih-vezanih na vakuum pri teh tehnologijah
- III. grupa-Kompletni vakuumski sistemi za elektroindustrijo, elektronsko-kemično-tehnološko in farmacevtsko industrijo, za medicino, za znanstveno-tehnična dela, itd.

Za lažjo predstavitev predloženih tem navajamo nekaj področij, kjer Jugoslovani uporabljamo vakuumske tehnologije z uvoženo opremo ali komponentami:

Kemijsko procesna industrija

- vak. aparati za molekularno destilacijo in rektifikacijo,
- vak. sublimacijske naprave za sušenje,
- vak. metalurgija in procesi obdelave kovin,
- indukcijske, upornostne in obločne vakuumske peči za taljenje specialnih visoko legiranih, nerjavnih, superčistih kovin, ter za ulivanje izredno natančnih oblik brez naknadne obdelave,
- vak. peči za taljenje kovin z elektronskim bombardiranjem,
- termična obdelava kovin v vakuumu (kaljenje, žarjenje ...)
- sintranje kovin v vakuumu,
- razplinjevanje kovin v vakuumu,
- varjenje kovin v vakuumu,
- nanašanje tankih plasti kovin v vakuumu z namenom povečanja odpornosti proti obrabi (industrija rezilnega orodja in okrasnih, ter nerjavnih prevlek v industriji ur ali nakita,

Elektro in elektronska industrija

- vak. naprave za proizvodnjo izvorov svetlobe,
- vak. naprave za proizvodnjo elektronskih cevi in katodnih cevi za barvno in črno-belo televizijo,
- vak. naprave za nanašanje tankih plasti za proizvodnjo polprevodnikov, mikrocestavov in integriranih vezij ...

Optična industrija

- visokovakuumske naprave za proizvodnjo tankih plasti na objektivih, reflektorjih za hladno svetlobo, stekla za očala z različno zatemnitvijo, optični filtri za svetlobo.

Medicina, biologija, farmacevtska in prehrabena industrija

- elektronska mikroskopija,
- naprave za pripravo medicinskih in bioloških poizkusov z elektronskim mikroskopom,
- vakuumske inštalacije v bolnicah,
- liofilizacija.

Analitika

- naprave za analizo površine in površinskega stanja,
- visokovakuumske naprave za analizo onesnaženosti okoliškega zraka.

Tehnologija nizkih temperatur

- nizekotemperaturne vakuumske izolacije

Navedli smo samo nekaj področij uporabe z namenom, da pokažemo, kako in kje je zastopana vakuumska tehnologija v naši industriji, z druge strani pa da zainteresiramo delovne organizacije strojegradnje, elektroindustrije, kemijsko tehnološke strojegradnje in procesne industrije za vključevanje v program osvajanja vakuumske tehnologije.

Še enkrat vas vabimo, da se udeležite kongresa in sicer:

- S strokovnimi referati s tematiko iz področij, ki so bila navedena
- S sodelovanjem v razpravah
- Z udeležbo na razstavi na temo vakuumske tehnologije

Pripravili smo razstavni prostor, kjer bo lahko vsak tuj in domač udeleženec prikazal svoje izdelke in dosežke na področju vak. tehnike in tehnologije (tudi v reklamno-komercialnem smislu). Razstavljalci bodo lahko svoje proizvode predstavili tudi na panojih, ali pa s filmi in diapozitivi.

Prijave za sodelovanje na kongresu z referati, kot tudi zahteve za razstavni prostor, prosimo, dostavite čim prej Organizacijskemu odboru IX. kongresa JUVAK-a, da bo lahko pravočasno pripravljeno vse, kar je potrebno za uspešen potek kongresa.

- Kotizacija za udeležbo na kongresu znaša 2.000.- din
- Prijave za razstavo in reklame za zbornik se sprejema do 1.5.1983
- V času kongresa bo v Zagrebu tudi občni zbor (plenum) JUVAK-a in občni zbor Društva za vakuumsko tehniko SR Hrvatske

- Referati bodo tiskani v Zborniku kongresa

- Naslov za kontaktiranje:

Organizacijski sekretar:
 mr. Dubrovko Birt, dipl.ing.
 RO "RADE KONČAR - TRANSFORMATORI"
 41090 Zagreb, Samoborska b.b.
 tel. (041) 574-285

- Pomembni datumi:

- Predhodna prijava do 1.3.1983
 - Drugo obvestilo 1.4.1983
 - Prijava za razstavo 1.5.1983
 - Prijava za sodelovanje
 in prodajo člankov
 (referatov) 1.6.1983
 - Obvestilo, da so refe-
 rati sprejeti 1.7.1983
 - Tretje obvestilo in
 končni program 1.9.1983

"SnO₂ - nSi" SONČNE CELICE

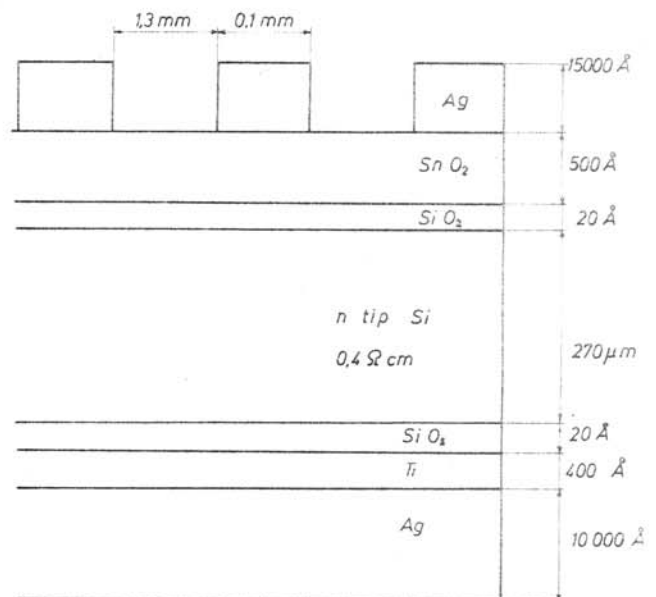
Uvod: Obdobje hitrega razvoja, ki je temeljilo na ceneni energiji je minilo. Ker bomo klasične fosilne vire energije slej ali prej izrpa-
 li, ali pa bo njihovo nadaljnje pridobivanje predrago, se je treba ozreti za drugimi, obnov-
 ljivimi viri energije. Eden izmed takih virov so sončne celice, ki pretvarjajo svetlobno ener-
 gijo v električno z izkoristkom reda velikosti 10 - 15%. Ker pade na 1 m² maksimalno 1 kW mo-
 či sončne svetlobe, je jasno, da bi že danes lahko večkratno pokrili vse energetske potre-
 be človeštva s sončnimi celicami. Poleg te svo-
 je zmožnosti pokritja energetskih potreb pa imajo še nekatere dodatne prednosti. Te so:

1. To je mehka energija, dela tiho in brez polucij, trajno in zanjo ni treba skrbeti
2. Omogoča decentralizacijo virov energije.

Uporablja se neposredno pri potrošniku, sončne celice postavimo na streho ali kako drugo drugače nekoristno površino. S tem odpadejo izgube pri transformaciji in prenosu energije od več 100 km oddaljenega vira energije do potrošnika. Hkrati pa omogoča samostojno in neodvisno napajanje potrošnika, kar je posebno pomembno ob razpadu energetskega sistema zaradi pomanjkanja, naravnih katastrof ali vojne. Glavna ovira za razmah sončnih celic je njihova predraga izdelava. Ena od možnosti za pocenitev so SnO₂-SiO₂-n Si sončne celice, ker jih je mogoče enostavno narediti ob majhni porabi energije, hkrati pa je možno, da dosežejo celo malo večje izkoristke kot do sedaj uveljavljene s termično difuzijo izdelane sončne celice.

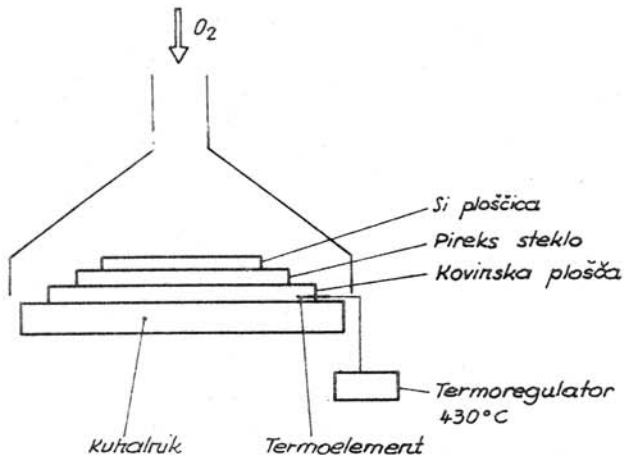
Prednosti teh SIS (semiconductor-insulator-semiconductor) sončnih celic pa so sledeče:

(1) zahtevajo manjše število delovnih postopkov, to so: čiščenje, oksidacija, pršenje, metalizacija, (2) nizko temperaturna izdelava (400°C), (3) vrhnji polprevodnik, ki je degenerirani oksid z energijsko režo več kot 3 eV, deluje kot okno za sončni spekter, (4) vrhnja plast ima refleksijski indeks 2, kar pomeni da deluje kot antirefleksni sloj, (5) problem neskladja kristalnih struktur obeh polprevodnikov je rešen z uvedbo tankega sloja SiO_x, (6) daje višjo zaporno višino kot heterospoj-polprevodnik-polprevodnik.



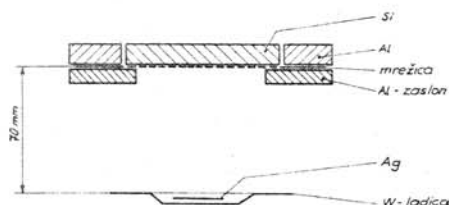
Sl.1. Plasti, ki sestavljajo našo sončno celico (ni v merilu)

Eksperimentalni postopek: Za substrat smo vzeli Wackerjev hiperpurefloatzone Si-monokristal s spec. upornostjo $1\Omega\text{cm}$, orientacijo 100 , debelino $575\ \mu\text{m}$, in na eni strani gladko poliran. Originalno Si-ploščico premera $10\ \text{cm}$ smo razrezali na manjše koščke površine $2 \times 2\ \text{cm}^2$. Te naše bodoče substrate smo 1 min jednolično v 10% HF in nato 3 x sprali v deionizirani vodi. Vodne kapljice smo spihali z N_2 . Nato smo rezine oksidirali (sl. 2.) in sicer tako, da smo jih dali na vročo ploščo pod

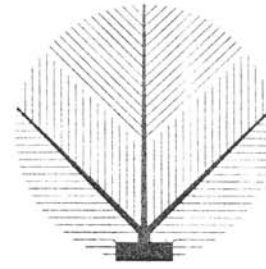


Sl.2. Oksidacija Si rezine

stekleni zvon, v katerega smo vpihavali O_2 . Piroliza je potekala s pršenjem raztopine SnCl_4 na 400°C ogret substrat. Nosilni plin je bil N_2 s pretokom $5,6\ \text{l/min}$. Pri tem je bila važna čistost bučke in svežina raztopine. Starejša raztopina je postala rjavkaste barve, verjetno zaradi vpijanja vlage iz ozračja. Sončne celice narejene iz te raztopine so imele precej nižji FF (fill faktor = polnilni faktor), kar kaže, da je upornost plasti narastla. V vakuumskem sistemu s turbomolekularno črpalko s tlakom $5,3 \cdot 10^{-5}\ \text{mbar}$ smo naparili $800\ \text{Å}$ ($= 8 \cdot 10^{-2}\ \mu\text{m}$) Ti in $1\ \mu\text{m}$ Ag (sl. 3.). Sprednjo stran smo naparili skozi Ni kovinsko masko, katero smo tesneje stisnili k celici z magnetom. Tako smo dobili prste z debelino $0,1\ \text{mm}$ in vmesno razdaljo med prsti $0,85\ \text{mm}$

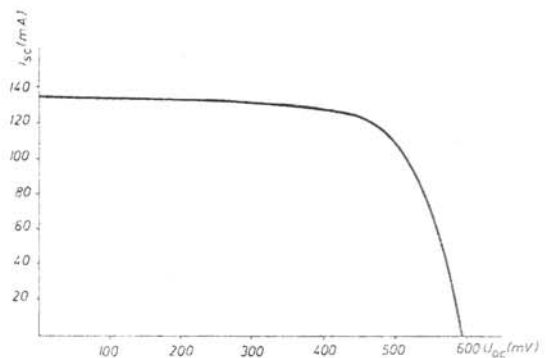


Sl.3. Naparevanje rezine



Sl. 4. Razpored kontaktnih prstov na eni naših sončnih celic

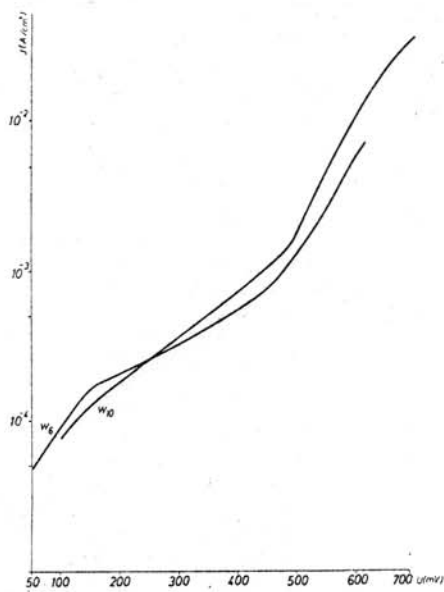
Meritve: Sončne celice smo merili pod simulirano AM1 (air mass 1 = sončna svetloba opoldne na ekvatorju = $100\ \text{mW/cm}^2$) svetlobo, ki smo jo dobili s halogensko lučjo in vodnim filtrom. Svetlobni tok smo umerili s referenčno sončno celico Solarex. Rezultati za najboljšo sončno celico W10 so: $I_{sc} = 130\ \text{mA}$ (kratkostični tok) (celotna površina), $FF = 0,68$, $U_{oc} = 593\ \text{mV}$, U_{oc} = napetost odprtih sponk, $\eta = 13,11\ \%$. Pri celici W6 smo dobili napetost še višjo $U_{oc} = 622\ \text{mV}$ z prvo vrednostjo ob začetku meritve na digitalnem nanovoltmetru Keitley $634\ \text{mV}$, kratkostični tok je bil isti kot pri W10, vendar je FF bil manjši zaradi tanjšje metalizacije. Višja napetost je bila posledica tega, da nismo waferja prijemali s pinceto direktno, temveč za košček, ki smo ga kasneje odlomili.



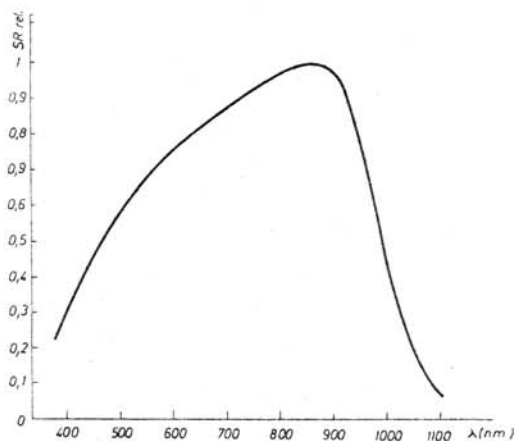
Slika 5.: I-U karakteristika sončne celice W10. Celotna površina je $4\ \text{cm}^2$ aktivna pa $3,2\ \text{cm}^2$. Simulirana sončna svetloba $100\ \text{mW/cm}^2$ s halogensko lučjo in vodnim filtrom

Tokovna gostota za celotno površino je $32,5\ \text{mA/cm}^2$ in za aktivno površino $37,2\ \text{mA/cm}^2$. Razlogi za tako velike tokove in napetosti so naslednji. Na sprednji strani je uporabljen SIS (semiconductor-insulator-semiconductor) kontakt. Ta ima znane dobre lastnosti: izboljš-

šan kvantni izkoristek pri krajših valovnih dolžinah, ker nima mrtve plasti tik pod površino; SnO_2 plast deluje kot antirefleksni sloj



Slika 6.: temna I-U karakteristika sončne celice W10: $J_{01} = 6.10^{-5} \text{ A/cm}^2$, $n_1 = 5,47$, $J_{02} = 2,56.10^{-11} \text{ A/cm}^2$, $n_2 = 1,11$. n_2 smo izmerili iz $I_{sc} - U_{oc}$ pri različnih svetlobnih intenzitetah J_{02} pa iz enačbe $J_{sc} = J_0 \exp\left(\frac{q U_{oc}}{n k T}\right)$



Slika 7.: Spektralna občutljivost sončne celice W6

in hkrati inducira p-n spoj v siliciju ne da bi se ga sploh dotikal, tanka SiO_2 plast nevtralizira rekombinacijske centre na površini Si, nobena od teh dveh plasti ne absorbira fotonov. Naslednji razlog je dober kristal. Na površini je mehansko poliran in orientacije (1,0,0). S tem je hitrost površinskih rekombinacij zmanjšana na minimum. Znano je, da ima orientacija (1,1,1) nekajkrat več rekombinacijskih centrov na površini. Stem smo povečali napetost odprtih sponk.

Sončne celice, ki smo jih izdelali na trboveljskih kristalih z upornostjo $0,4 \mu\text{cm}$, orientacijo (111) in površino 18 cm^2 , so dosegle največ 540 mV. Debelina kristala $575 \mu\text{m}$ je neobičajno velika in omogoča absorbcijo dolgovalovne svetlobe, ki bi sicer neovirano prešla kristal. Difuzijske dolžine in življenska doba v tem posebej obdelanem kristalu so večje kot običajno. Pri našem postopku izdelave sončne celice pregrevamo kristal 30 min na 430°C , kar deluje ugodno na življensko dobo manjšinskih nosilcev naboja. Na sliki 7., je prikazana spektralna občutljivost površine sončne celice na Wackerjevem kristalu in ima v primerjavi z sončnimi celicami na drugih kristalih (Trbovlje, IHTM Beograd, Topsoe) izboljššan kvantni izkoristek v infrardečem delu spektra. To kaže na daljšo difuzijsko dolžino manjšinskih nosilcev naboja in znaša približno $125 \mu\text{m}$. Hkrati pa lahko kaže na delovanje odboja na zadnjem negativnem MIS (metal insulator semiconductor) kontaktu, ki deluje kot odbojna zapora za manjšinske naboje, večinske pa neovirano prepušča. Hitrost površinske rekombinacije se zmanjša z izbiro kovine z najnižjim izstopnim delom, naslednja primerna kovina za Mg pa je Ti. Na polnilni faktor FF vplivata serijska (R_s) in paralelna (R_{sh}) upornost, katere smo določili iz temne in svetle karakteristike: $R_s = 0,674 \Omega$ in $R_{sh} = 400 \Omega$. Celica s 4 cm^2 površine se dokaj optimalno izogne obema vplivoma in je padeč zaradi serijske upornosti 2,5% izkoristka, pri paralelni upornosti pa se praktično ne pozna. Pri 18 cm^2 velikih celicah pa se serijska upornost že močno pozna in FF pade na 0,5, čeprav I_{sc} in U_{oc} dokaj ohranita. $FF = 0,64$ in $R_s = 0,42 \Omega$ pa smo dobili z napajanjem debele plasti Cu, ki se tudi bolje oprime titana, vendar so bile napetosti 30 - 40 mV nižje.

Zaključek: Dobili smo SnO_2/nSi sončno celico z 13,11% izkoristkom na celotni površini in 15% na aktivni površini. Če bi vzeli posamezne najboljše vrednosti bi imeli izkoristek 16,04% na aktivni površini in 14% na celotni površini. Izboljšati bi se dalo z dopiranjem SnO_2 z Sb ali F, da bi se znižala plastna upornost ali pa z uporabo silicijeve maske z večjo gostoto prstov. Namesto Ti je bolje uporabiti Mg, za reflektor Al in za prevodno kovino Cu. Na sprednji strani se lahko izboljša I_{sc} z nazobčano površino. Nova pa je možnost dvojne (zložene) celice z napajanjem polprevodnika CdSe z 1,7 eV na SnO_2 in izvedbo MIS kontakta na CdSe z zgornjo masko. Teoretični izkoristek te celice je 32%.