

VAKUUMIST

9

avgust
1985

GLASILO DRUŠTVA ZA VAKUUMSKO TEHNIKO SLOVENIJE

VSEBINA

- Delovanje DVTS v obdobju 1982 - 1985
- Občni zbor Društva za vakuumsko tehniko Slovenije
- Polprevodniške lastnosti tankoplastnega amorfnega silicija
- Vakuumska tehnika v Metalni
- Pilotna proizvodnja vakuumskih črpalnih sistemov na IEVT
- Od majhne steklopihalnice in lekarne v svetovni vrh
- Z ognjem in steklom
- Deseti mednarodni vakuumski kongres
- Tretja združena vakuumška konferenca Madžarska - Avstrija - Jugoslavija
- Vabilo na 21. jugoslovanski simpozij SD 85
- Koledar pomembnih vakuumskih prireditev
- Mednarodna konferenca o metalurških prevlekah v L.A.
- Princetonski sestanek IUVSTA
- Tretji simpozij "Spektroskopija v teoriji in praksi"
- Kratke novice in obvestila

DELOVANJE DVTS V OBDOBJU 1982-1985

(poročilo predsednika na obcnem zboru - 23.5.1985)

V tem obdobju je imel IO DVTS v poprečju pet sej na leto, na katerih so se člani dogovarjali za akcije, ki so jih večina tudi izpeljali.

Finančno stanje društva se je v zadnjih letih izboljšalo. Vir dohodka so bili predvsem pri-

javnina za tečaje in prodaja zbornika referatov "Osnove vakuumške tehnike". DVTS je v zadnjih treh letih organiziral pet tečajev iz osnov vakuumške tehnike. Tečaja se je udeležilo približno 150 slušateljev različnih poklicev iz industrije, inštitutov in fakultet.

Junija 1983 je DVTS organiziralo tečaj "Tanke vakuumske plasti", katerega pa se je udeležilo 18 slušateljev iz IEVT. Društvo je poleg tega organiziralo tudi nekaj predavanj v kombinaciji s prikazovanjem diapozitivov, ki jih je kupilo pri Mednarodni zvezi za vakuumsko znanost, tehnologijo in aplikacije (IUVSTA). Za večje število članov društva je organiziralo in finančno podprlo njihovo udeležbo na Mednarodnem vakuumskem kongresu v Madridu, v septembru 1983 in pripravilo strokovno ekskurzijo k proizvajalcu vakuumske opreme Leybold Heraeus (junij 1984). Udeleženci so si ogledali obrata LH v Hanau-u in Kölnu in imeli možnost izmenjave strokovnih informacij s strokovnjaki tega svetovnega giganta vakuumske opreme. V sodelovanju z LH je društvo organiziralo prav tako v letu 1983 v Ljubljani simpozij s področja tankih vakuumskih plasti in vakuumske opreme.

Posebej je potrebno omeniti publicistično dejavnost društva: v letu 1985 je bila izdana izpopolnjena izdaja zbornika referatov "Osnove vakuumske tehnike", za kar gre največja zahvala uredniku dr. J. Gasperiču. DVTS je edino društvo za vakuumsko tehniko v Jugoslaviji, ki ima svoje strokovno glasilo; do sedaj je predvsem po zaslugi urednika A. Preglja izšlo že osem številok. Člani društva so precej truda vložili tudi v pripravo zbornika referatov "Tanke vakuumske plasti" in upamo, da bo novi IO DVTS imel toliko moči, da bo pripravil in izdal tudi to, predvsem za mlajše "tankoplastnike" zelo potrebno knjigo.

Ena od pomembnejših akcij je tudi povezava DVTS z Madžarskim društvom za fiziko Roland Eötvös. Posredno preko tega sodelovanja je prišlo tudi do dogovora in uresničitve dolgotrajne želje, da se jugoslovanski vakuumisti pridružijo madžarskim in avstrijskim na njihovih vakuumskih kongresih. Kongres vakuumistov iz teh treh držav bo v začetku oktobra tega leta v Debrecenu na Madžarskem.

DVTS je član Zveze društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije (JUVAK) in vseskozi sodeluje z DVT Srbije in DVT Hrvatske. Ravno člani DVT Slovenije so odločilno pripomogli, da je ok-

tobra leta 1983 JUVAK organiziral IX. jugoslovanski vakuumski kongres v Zagrebu. Člani DVTS so člani tako v izvršnem odboru JUVAK, kot v nekaterih organih tega društva. Štirje člani DVTS so predstavniki Jugoslavije tudi v sekcijah Mednarodne zveze za vakuumsko znanost, tehniko in aplikacije (IUVSTA).

Iz navedenega je razvidno, da DVTS uspešno deluje na vakuumskem področju in zapolnjuje vrzeli, ki nastajajo zaradi togosti nekaterih delovnih organizacij, ki se profesionalno ukvarjajo z vakuumsko tehniko. Uspešnost društva potrjuje tudi priznanje Občinske raziskovalne skupnosti Vič-Rudnik, ki jo je letos podelilo DVTS predvsem za izobraževalno dejavnost na področju vakuumske tehnike v preteklih letih.

Naj omenim še sodelovanje DVTS z IEVT. Ocenjujem ga kot dobro, v obojestransko zadovoljstvo in korist. DVTS bo letos na IEVT dobilo tudi manjši prostor za društveno pisarno, kar bo pripomoglo k izboljšanju administrativno-organizacijskih del in urejenosti arhiva, tako da bo novo izvoljeni IO DVTS imeli že lažje pogoje za delo kot dosedanji.

Nekaj besed je potrebno nameniti še kadrovski sestavi IO DVTS. V zadnjih letih se je že vključilo v delo društva več mlajših vakuumistov, ki bodo kmalu morali prevzeti funkcije in obveze pri delu društva. Zaželjeno pa je, da se vključijo in aktivirajo še več mlajših kolegov, ki naj bi poživili delo v društvu. Zaželjena je vsaka pobuda in predlog, ki bi pripomogla k nadaljnjemu razvoju društvenega dela. Seveda je to povezano z včasih suhoparnim delom in prisostvovanjem na sejah društva v popoldanskih ali večernih urah, vendar se ravno od mlajših pričakuje atraktivnejše akcije. V tem duhu je sestavljen in izvoljen novi IO DVTS s predsednico mag. Moniko Jenko na čelu.

Novemu odboru želim veliko uspehov pri njegovem delu, pomembnem za nadaljni razvoj vakuumske stroke pri nas in s tem za celotno našo družbo.

mag. Anton Zalar
IEVT, Ljubljana

OBČNI ZBOR DVTS - 23. maja 1985

Letočni občni zbor Društva za vakuumsko tehniko Slovenije je po treh letih spet bil v celilni. Naš statut namreč zahteva, da vsaka

3 leta na novo izvolimo člane izvršnega in nadzornega odbora, ter tovariškega razsodišča. Rezultati letošnjega izbora so naslednji:

Novi I.O.

1. Lindav Janez - Iskra CEO, Stegne 7, Lj
2. Žabkar Tone - IJS, Jamova 39, Lj.
3. Sejčad Salam - Iskra Žarnice, Lj.
4. Weber Marko - LTH, Škofja Loka
5. Grahek Karlo - Vak. naparevanje, Lj.
6. Česen Jože - Saturnus, Lj.
7. dr. Lah France - Cigaletova 8, Lj.
8. dr. Gasperič Jože - IEVT
9. dr. Kansky Evgen - IEVT
10. mag. Zalar Anton - IEVT
11. Žumer Marko - IEVT - blagajnik
12. Pregelj Andrej - IEVT - tajnik
13. Zavašnik Rasto - IEVT - tajnik
14. Metina Janez - IEVT - podpredsednik
15. mag. Monika Jenko - IEVT - predsednik

Nadzorni odbor

1. mag. Murko-Jezovšek Melita - IEVT
2. Hribernik Ivan - IEVT
3. Jančar Rudi - Glinška 4, Lj.

Tovariško razsodišče

1. dr. Perman Eva - IEVT
2. Pezdirc Pavle, Iskra Semič
3. dr. Rožaj-Brvar Alenka, Iskra CEO, Lj.

Imenovani so bili tudi aktivni člani društva, ki delujejo v odborih za pripravo tečajev, ekskurzij, Vakuumista, itd.

Na občnem zboru je bilo prisotnih 34 članov društva, ki so v razpravi po poročilih poleg že znanih povedali tudi marsikatero novo misel oz. pobudo. Naj jih na kratko še enkrat pregledno zapišemo:

- iz vseh poročil sledi, da je za obstoj društva pravzaprav najpomembnejša vzgojno-izobraževalna dejavnost (stalno veže več vakuumistov na skupno delo, pomeni glavni finančni vir, je družbeno koristna, itd); torej je nujno da v DVTS še naprej skrbimo za dvig naših tovrstnih sposobnosti (izboljšava tečajev, vaj, izdajanje novih knjig, priprava novih tečajev, javna predavanja).
- prav je, da DVTS nadaljuje z zbiranjem informacij o stanju vakuumske tehnike v Sloveniji in Jugoslaviji ter o potrebah delovnih organizacij po tovrstni opremi iz uvoza oziroma o nadomeščanju uvožene z domačo. Takih podatki so pravzaprav najpomembnejši kazalec za usmerjanje bodočega delovanja društva, hkrati pa so lahko zelo dobrodošli tudi (povratno) našim porabnikom vakuumske tehnike za pridobivanje dodatnih informacij pri reševanju svojih problemov.
- zelo pomembno za DVTS je, da čim prej izide druga NAŠA knjiga: "Vakuumske tanke plasti"
- v bodoče bomo - vsaj ob priložnostih - poizkušali propagirati dejavnost in ime društva, ki je zdaj poznano le ožjemu krogu posameznikov in organizacij (predvsem tistih, ki sodelujejo z IEVT)
- izraženo je bilo navdušenje nad lanskim ogledom vakuumskega giganta Leybold-Heraeus-a; stremeti moramo k temu, da društvo postane redni organizator takih in podobnih strokovnih ekskurzij.

Andrej Pregelj dipl.ing.
IEVT, Ljubljana

POLPREVODNIŠKE LASTNOSTI TANKOPLATNEGA AMORFNEGA SILICIJA

1. Uvod

Danes je v svetu že splošno uveljavljeno mnenje, da je bistveno pocenitev sončnih celic in s tem tudi resnično vesplošno uporabnost možno doseči le s tankoplastno izdelavo ⁽¹⁾.

Kljub temu, da se raziskujejo tankoplastni polikristalni materiali (kot sta na primer CuInSe_2 in CdTe), ki imajo boljše lastnosti, kot na primer absorpcijski koeficient, energijsko širino in stabilnost ⁽²⁾, pa ima do sedaj le amorfni silicij potrjeno možnost velikoserijske izdelave

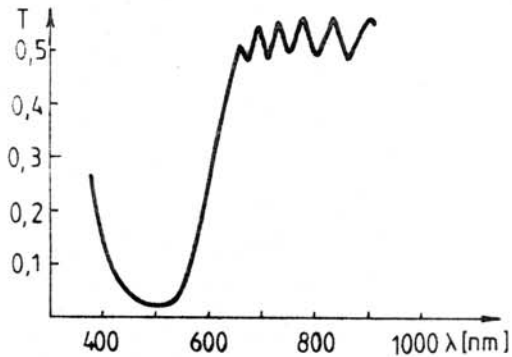
⁽³⁾. Vendar je pri teh tankoplastnih tehnologijah treba nujno opozoriti na ekološke in zdravstvene probleme ⁽⁴⁾.

2. Fizikalno optične lastnosti

Amorfnemu siliciju, nanesenemu na steklo smo najprej pomerili svetlobno prepustnost T v odvisnosti od valovne dolžine na monokromatorju Hilger (slika 1).

Kot je razvidno s slike 1 ima tanka plast $a\text{-Si:H}$

minimume in maksimume prepustnosti v področju slabe absorptivnosti. Upoštevajoč te last-



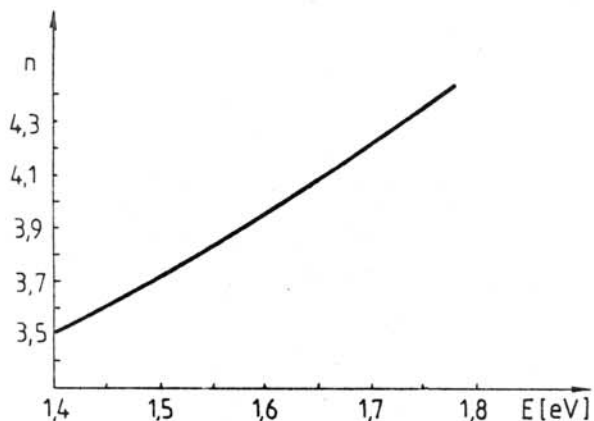
Slika 1.: Spektralna optična prepustnost a-Si:H. (Pri 100 % -ni transparentnosti je $T = 1$)

nosti (5, 6) smo lahko izračunali lomni količnik v odvisnosti od valovne dolžine (slika 2) z enačbami (1) in (2):

$$\min(2nd) = m\lambda_1 \quad (1)$$

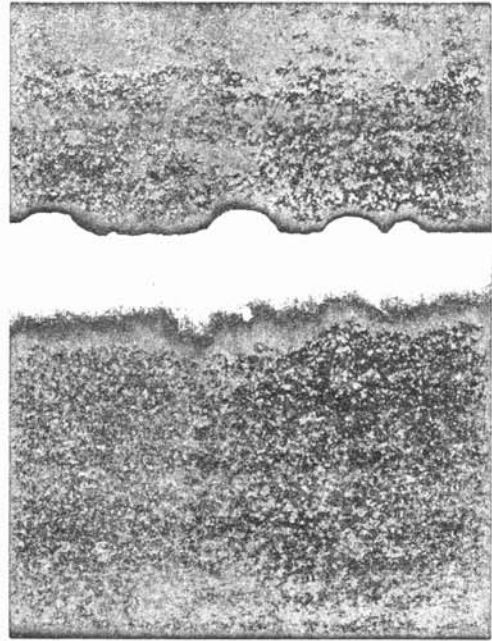
$$\max(2nd) = (m + 1/2)\lambda_2 \quad (2)$$

kjer je n lomni količnik, m je celo število uklonskega reda in d je debelina amorfnega



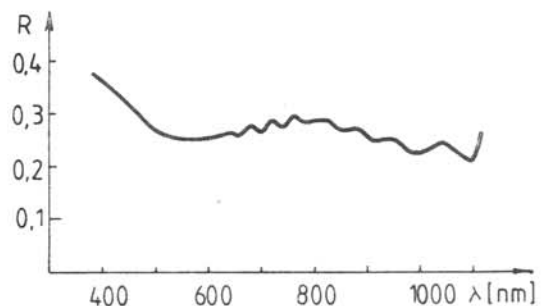
Slika 2.: Lomni količnik a-Si:H v odvisnosti od valovne dolžine

silicija. Debelino smo izmerili neodvisno, z elektronskim mikroskopom (slika 3).



Slika 3.: Fotografija amorfnega silicija na elektronskem mikroskopu JEOL, debelina plasti je 1,5 μm, povečava 6000 krat.

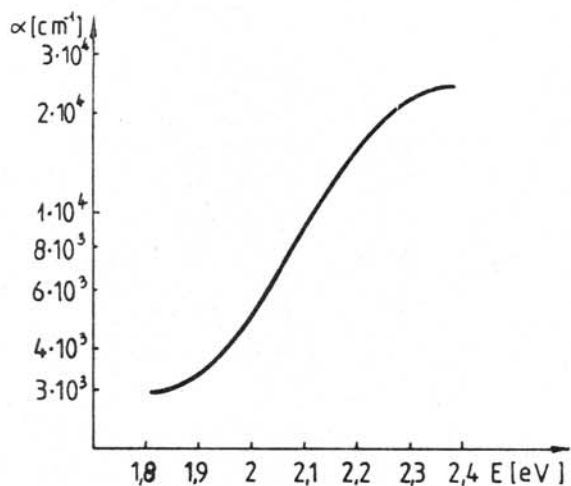
Za izračun absorpcijskega koeficienta smo pomerili še refleksijo amorfnega silicija v odvisnosti od valovne dolžine, kar je prikazano na sliki 4.



Slika 4.: Refleksija a-Si:H v odvisnosti od valovne dolžine. (Pri 100%-ni refleksiji je: $R = 1$)

Apsorpcijski koeficient smo izračunali po enačbi (3), kar smo prikazali na sliki 5.

$$\alpha = \frac{\ln \frac{T}{(1-R)^2}}{d} \quad (3)$$

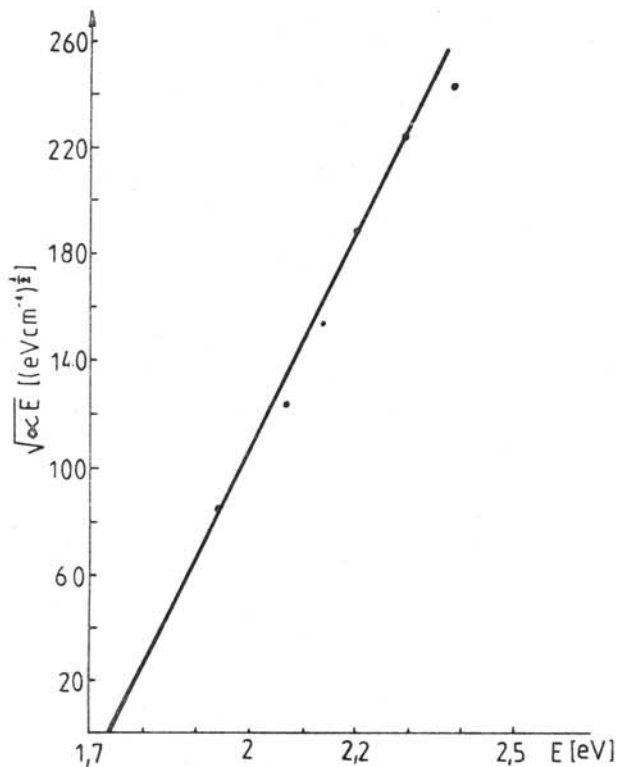


Slika 5.: Absorpcijski koeficient α v odvisnosti od valovne dolžine

Optično-energijsko širino E_g na sliki 6, smo dobili z uporabo enačbe (4) in je 1,74 eV

$$\sqrt{\alpha E} = B (E - E_g) \quad (4)$$

Pri tem je E energija vpadnih fotonov, B pa konstanta, ki je odvisna od materialnih lastnosti a-Si:H in je v našem primeru $402,44 \text{ (eV cm)}^{-1/2}$, E_g je energijska širina amorfne- ga polprevodnika. Pri tem je E_g relativno malo

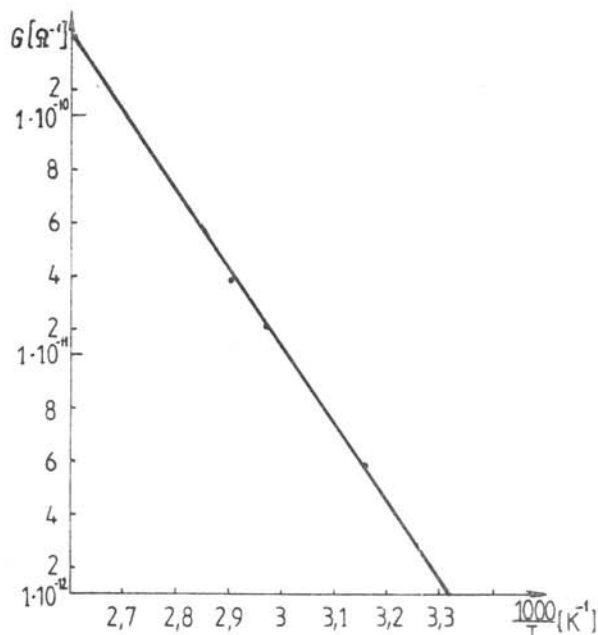


Slika 6.: Določitev optično-energijske širine E_g . Dobimo jo s sečiščem premice z energijsko skalo.

odvisen od naključnih napak, ki se zgodijo pri meritvi debeline in s tem pri absorpcijskem koeficientu. Te vplivajo v glavnem le na konstanto B .

3. Elektrooptične meritve

Za merjenje električne prevodnosti tanke plasti amorfne silicija smo naparili NiCr kovinske kontakte v razdalji 1,2 mm in v dolžini 11,7 mm. Na vzorcu smo merili upornost z U-I metodo. Pri tem smo na vzorec dovedli napetost 60 V z usmernikom, tok pa smo merili z zelo občutljivim ampermetrom Keightley 602 (slika 7).



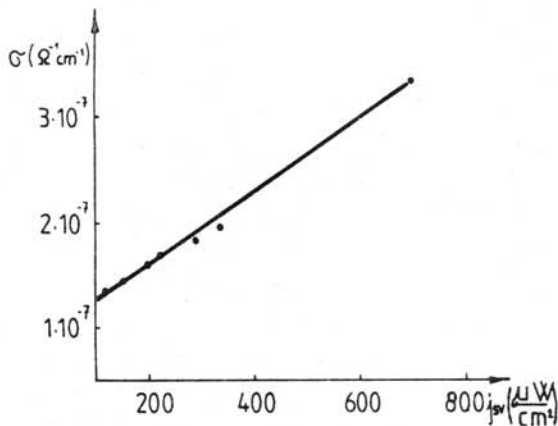
Slika 7.: Temna prevodnost v odvisnosti od temperature

Aktivacijsko energijo E za temno prevodnost smo dobili iz enačbe (5).

$$G = G_0 \exp(-E/kT) \quad (5)$$

in je v našem primeru 0,72 eV.

Naravo rekombinacijskih procesov se da spoznati iz naklona krivulje intenzitete svetlobe proti svetli prevodnosti (slika 8).



Slika 8.: Svetla prevodnost v odvisnosti od intenzitete monokromatske ($\lambda = 0,583 \mu\text{m}$) vpadne svetlobe

Pri tem smo uporabili optična filtra, ki sta prepuščala valovno dolžino $0,583 \mu\text{m}$, halogen-sko žarnico moči 1000 W in radiometer EE G. Fotoprevodnost G_{ph} je odvisna od intenzitete svetlobe I in je podana z enačbo (6):

$$G_{\text{ph}} = k \cdot I^{\gamma} \quad (6)$$

Merili smo jo pri sobni temperaturi; γ je v našem primeru $0,5$.

Drugi zelo pomembni podatek, ki ga dobimo s to meritvijo, je produkt kvantnega izkoristka, gibljivosti in življenjske dobe:

$$\eta \mu \tau = \frac{L}{W} \cdot \frac{\Delta G}{e_0 \cdot \Delta I \cdot (1-R) \cdot [1 - \exp(-\alpha d)]} \quad (7)$$

Pri tem je L razmak med elektrodama, W je dolžina elektrod, ΔG je sprememba prevodnosti, d je debelina plasti $P = 1,5 \mu\text{m}$ in ΔI je sprememba števila fotonov monokromatske svetlobe ($\lambda = 0,583 \mu\text{m}$, $\Delta I = 6,48 \cdot 10^{13} / \text{cm}^2 \text{s}$). Z vstavitvijo vseh podatkov dobimo $\eta \mu \tau = 1,74 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2 / \text{V}$.

4. Sklep

V tem prispevku smo nakazali glavne smeri raziskav, ki so potrebne pri razvoju in izboljšavi kvalitete tankoplastnega polprevodnika a-Si:H. Pri tem je pomembnejša osvojitve merilnih metod, kot pa so rezultati navedenih meritev. Lastnosti prvega domačega amorfne silicija so nekoliko slabše, kot so v objavljenih tujih rezultatih.

5. Zahvala

Prof. dr. J. Furlanu, mgr. F. Smoletu in sodelavcem na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze E. Kardelja v Ljubljani se zahvaljujemo za vzorce a-Si:H, ki so jih naredili z razelektrovitvijo silana v plazmi.

LITERATURA:

1. A.M. Barnett, The solar electric future, Solar cells, 12 (1984), 3
2. J.C.C.Fan, B.J.Palm: Optimal design of CdS and Cd_{0,8}Zn_{0,2}S based single-junction and multijunction solar cells, Solar cells, 12 (1984) 401
3. H.R.Blieden: Continous production of thin film amorphous silicon solar cells, Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng., vol. 428, 1983 str. 66
4. V.M.Ethenakis, P.D.Moskowitz, J.C.Lee: Manufacture of amorphous silicon and GaAs thin film solar cells and identification of potential health and safety hazards. Solar Cells, Vol. 13 (1984), str. 43 -58
5. P.Danesh, St. Georgiev, U.Jahn: Glow discharge deposition of chlorinated and hydrogenated amorphous silicon films from SiCl₄-SiH₄, Solar Energy Materials, jan. 84, str. 405
6. M.Janai, D.D.Allered, D.C.Booth, B.O.Seraphin: Optical properties and structure of amorphous silicon films prepared by CVD, Solar Energy Materials, febr. 1979, str. 11
7. G.D.Cody, B.G.Brooks, B.Abeles: Optical absorption above the optical gap of amorphous silicon hydride, Solar Energy Materials, nov. 82, str. 231
8. S.Ray in drugi: Electronic and optical properties of boron doped amorphous silicon thin films, Solar Energy Materials, avg. 84 str. 335
9. Solar Cells" Volumen 13 - (1984), str. 43-58)

Članek je bil prvič objavljen in prezentiran na Posvetovanju o tankih plasteh v aprilu letos v Bg, pripravili pa so ga mag. Milar Tasevski in sodelavca P.Pavli dipl.ing. in Likar Radovan, dipl.ing. (vsi IFVT-Lj.)