

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2014/18



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-4152
Naslov projekta	Tiskane TiO ₂ -plasti za optoelektronske elemente
Vodja projekta	28464 Mateja Hočevar
Tip projekta	Z Podoktorski projekt
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2013
Nosilna raziskovalna organizacija	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Tematika raziskovalnega projekta se je nanašala na področje raziskav in razvoja materialov za tiskano optoelektroniko in je zajemala raziskave s področja priprave novih formulacij TiO₂-past, funkcionalnih tiskarskih barv, pripravo in karakterizacijo tiskanih plasti kot tudi njihovo integracijo v optoelektronske elemente (s poudarkom na elektrokemijskih sončnih celicah).

Prvi cilj projekta je bil razvoj TiO₂-past z reološkimi lastnostmi, ki so primerne za tiskanje in hkrati omogočajo pripravo TiO₂-plasti pri nizki temperaturi (≤ 250 °C) in s tem izdelavo cenovno ugodnih upogljivih sončnih celic. Raziskave so bile osredotočene v razvoj sol-gel matrik, ki so osnova za pripravo

TiO₂-past oz. funkcionalnih tiskarskih barv. Pri tem so bile uporabljene različne titanove spojine, kot so titanovi alkoksidi in titanove soli. Za najprimernejšo se je izkazala sol-gel matrika na osnovi titanove(IV) perokso kisline (TPK), ki nastane z reakcijo titanovega izopropoksida in vodikovega peroksida. Sledila je integracija TiO₂-nanodelcev v sol-gel matriko, tiskanje novo razvitega materiala na upogljive podlage in nizkotemperaturna ($\leq 250^{\circ}\text{C}$) obdelava. Uporaba kapljičnega tiskalnika za izdelavo odtisov se je izkazala za neučinkovito, ker je pri tisku suspenzij z nanodelci pogosto prihajalo do zamašitev šob, zato je bil za izdelavo TiO₂-odtisov uporabljen predvsem sitotisk. Poleg nizkotemperaturne obdelave odtisov je bila preizkušena tudi možnost obdelave plasti v kisikovi plazmi. Rezultati so potrdili, da temperaturni korak lahko uspešno nadomestimo z obdelavo v kisikovi plazmi, ki občutno skrajša čas priprave TiO₂-plasti. Raziskave novih materialov so bile podprte s kemijsko, strukturno in morfološko analizo past in tiskanih plasti ter z opredelitvijo njihovih električnih in optičnih lastnosti ter učinkovitostjo le-teh v sončnih celicah.

Drugi cilj projekta je bil izpolnjen z izdelavo delujoče upogljive sončne celice, ki je bila osnovana na TiO₂-odtisih ob uporabi TPK-TiO₂-paste. Najboljše sončne celice s TiO₂-plastmi, razvitimi v okviru projekta, se odlikujejo z učinkovitostjo pretvorbe več kot 5 % pri testiranju pod standardnimi testnimi pogoji (100 mW/cm², AM 1.5, 25 °C).

ANG

The research project focused on the development of materials for printed optoelectronics. The project was based on an interdisciplinary approach, including the preparation and characterization of new TiO₂ pastes and inks for printed layers, their characterization as well as their integration into optoelectronic devices (with an emphasis on dye-sensitized solar cells).

The main objective of the project was to develop TiO₂ pastes with rheological properties suitable for printing that would allow the preparation of TiO₂ layers at low temperature ($\leq 250^{\circ}\text{C}$). The research was focusing on the development of a titanium sol-gel matrix which was the basis for the preparation of TiO₂ pastes. Various titanium compounds, such as titanium alkoxides or salts, have been studied. The results confirmed that the most suitable matrix is sol-gel matrix based on peroxotitanic acid (PTA), formed by the reaction of titanium isopropoxide and hydrogen peroxide. Pastes have been prepared with the integration of TiO₂ nanoparticles into the PTA sol-gel matrix. Screen printing and ink-jet techniques have been used for layer deposition on different substrates. The ink-jet printing of the inks containing nanopowder turned out to be inefficient due to very frequent nozzle blockage, therefore we focused on screen-printing deposition. Annealing temperatures have been limited to 250 °C to allow the use of low-cost flexible plastic substrates. The possibility of treatment of the printed layer with oxygen plasma has been also examined. The results indicate that oxygen plasma treatment of TiO₂ layers could efficiently replace temperature curing and avoid time-consuming process. The development of new materials have been supported by chemical, structural and morphological analyses of the printed layers, as well as by defining their electrical and optical properties.

The final goal of the project was reached with the realization of flexible (polymer substrate) solar cells based on PTA-TiO₂ layers, which allow low temperature ($\leq 250^{\circ}\text{C}$) manufacturing. The main emphasis has been given to the research work oriented towards the design and manufacturing of dye-sensitized solar cells on flexible substrates. The conversion efficiency of the best performing solar cells developed within this project exceeds 5 % when evaluated under standard test conditions (100 mW/cm², AM 1.5, 25 °C).

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Program dela raziskovalnega projekta »Tiskane TiO₂-plasti za optoelektronske elemente« je bil razdeljen na štiri delovne sklope (DS):

- DS1: Razvoj TiO₂-past in funkcionalnih tiskarskih barv (M0 - M12)
- DS2: Priprava TiO₂-plasti (M6 - M18)
- DS3: Karakterizacija materialov (M0 - M18)
- DS4: Zasnova, razvoj, izdelava in karakterizacija optoelektronskih elementov (M13-M24)

Realizacija DS1 (M0-M12)

Poglaviti cilj v obdobju M0 - M9 je bil razvoj in izdelava sol-gel matrike na vodni osnovi, ki bi bila primerna osnova za pripravo TiO₂-paste z reološkimi lastnostmi, ustreznimi za tiskanje s sitotiskom. Segment razvoja in priprave sol-gel matrike je bil uspešno izveden. Osredotočila sem se predvsem na pripravo perokso titanovega gela z reakcijo titanovih alkoxidov in vodikovega peroksida, saj ta omogoča

nizkotemperaturno pripravo nanokristalinične TiO₂-matrike. Za pripravo matrike sem preizkušala različne titanove spojine, kot so Ti-izopropoksid, Ti-butoksid ter Ti-oksisulfat. Slednji z vodikovim peroksidom preko burne reakcije tvorijo gel oziroma t.i. titanovo(IV) perokso kislino (TPK). Pri pripravi in razvoju sol-gel matrike sem iskala najprimernejšo titanovo vhodno spojino ter preizkušala različna razmerja med titanovo spojino in vodikovim peroksidom. Ti-izopropoksid se je izkazal za najprikladnejšega, saj je pri nadaljnji pripravi plasti potrebna najnižja termična obdelava (120 °C). Za primerjavo; pri Ti-oksisulfatu je temperatura, ki povzroči kristalizacijo perokso titanovega gela, 200 °C. Sledila je optimizacija matrike, kjer sem iskala različna razmerja med vhodnima spojinama (Ti(OiPr)₄ in H₂O₂) in ugotovila, da je s stališča stabilnosti matrike, najprimernejše razmerje med Ti(OiPr)₄ in H₂O₂ 1:30.

V obdobju M6 – M12 sem za pripravo paste v dobljeno sol-gel matriko integrirala TiO₂-nanodelce, pri čemer sem uporabljala komercialno dostopen TiO₂-nanokristaliničen prah sferičnih oblik (Degussa P25 in P90) ter nanodelce anatasne modifikacije, sintetizirane v našem laboratoriju. V luči optimalne viskoznosti paste za nanose s sitotiskom kot tudi kasnejše uporabe v optoelektronskih elementih sem določevala najprimernejše razmerje med matriko in TiO₂-nanodelci. Izkaže se, da je TiO₂-prah sferičnih oblik (Degussa P25) najprimernejši in da mora biti masni delež TiO₂-nanodelcev v pasti 15 – 25 % za uspešen nanos plasti s sitotiskom. Homogenost paste sem dosegla z uporabo električnega tarilnega mlinčka. Podlage oz. substrati, ki sem jih uporabila za nanos paste in jih kasneje integrirala v optoelektronske elemente, morajo biti električno prevodni, sočasno tudi optično prepustni, končni produkti pa upogljivi. Zato sem si za ciljni substrat izbrala folijo na osnovi polietilen tereftalata z električno prevodno tanko plastjo mešanice indijevnega in kositrovega oksida (ITO), ki omogoča temperaturno obdelavo do 250°C. V razvojni fazi sem za nanos plasti zaradi enostavnejše karakterizacije uporabila tudi steklen substrat in pri tem upoštevala temperaturne omejitve.

Vzporedno je potekal tudi razvoj funkcionalnih tiskarskih barv za nanose s kapljičnim tiskom (M0 - M12). Sol-gel matrika na osnovi titanove(IV) perokso kisline (TPK) je precej zamrežena in viskoznost gela je prevelika, da bi se lahko ta neposredno uporabljal za nanašanje s kapljičnim tiskalnikom. Za znižanje viskoznosti sem preizkusila različna topila, kot so izopropanol, t-butanol, 2-propoksi etanol in 1-butanol. Vendar je kljub temu pri tiskanju prihajalo do premreženja oz. zamašitve šob na kartuši, kar je onemogočilo kontinuirano tiskanje in s tem pridobite primerne plasti. V nadaljevanju je optimizacija potekala v smeri modifikacije TPK-matrike z anorganskimi aditivi, ki preprečujejo aglomeracijo delcev v sol-gel matriki. Kljub temu s kapljičnim tiskalnikom nisem dosegla kontinuiranega tiska, zato sem se v nadelavanju podoktorskega projekta usmerila predvsem na nanašanje novo-razvitega material s pomočjo sitotiska, pri čemer je vhodni material v obliki paste.

Raziskave novih materialov so bile podprte z različnimi analitskimi tehnikami oz. instrumenti. S pomočjo IR-spektroskopije sem spremljala sol-gel sintezne postopke pri pripravi matrike. S to metodo sem opazovala premreženost gela ter predvsem razlike, ki nastanejo pri različnih temperaturah ter časovnih intervalih termične obdelave. Uporabljala sem viskozimeter za določevanje viskoznost vmesnih stopenj (soli, geli) ter TiO₂-past.

Realizacija DS2 (M6-M18)

Poglaviti cilj v tem obdobju je bil razvoj TiO₂-plasti, ki ima ustrezne lastnosti za uporabo v elektrokemijskih sončnih celicah (EK) na temperaturno občutljivih substratih. TiO₂-plast pridobimo s tiskom TiO₂-paste, ki mu sledi proces obdelave (sintranje, izpostavitve UV-svetlobi, ...) pri katerem dosežemo odstranitev topil oz. organskih komponent ter premreženje nanodelcev. V primeru paste na osnovi sol-gel matrike TPK pa je potrebna tudi razgradnje oz. pretvorba TPK v TiO₂-delce anatasne modifikacije, ki med seboj povežejo že prisotne nanodelce. Po predvidenem planu dela sem se osredotočila na dva različna procesa obdelave TiO₂-paste: žganje oz. sušenje (≤ 250 °C) ter obsevanje z UV-svetlobo, pri čemer bi bile izkoriščene fotokatalitske lastnosti TiO₂-nanodelcev, ki zagotovijo razkroj organskih aditivov v pasti in omogočijo nastanek TiO₂-plasti. Slednje ni bilo izvedljivo, saj pasta bazira na vodni osnovi in ne vsebuje organskih komponent. Zato sem se osredotočila predvsem na optimizacijo termične obdelave TiO₂-paste. Študirale sem različne temperaturne in časovne intervale pri čemer so bile paste izpostavljene temperaturam med 25 °C in 250 °C v periodah od 1 do 15 ur. Ker je termična obdelava časovno potratna in pri nizkih temperaturah (≤ 150 °C) pogosto neučinkovita, sem poskušala poiskati tudi druge inovativne in hitre metode za obdelavo plasti. Iz tega razloga je bila preizkušena možnost uporabe plazemske tehnologije. Poskusi so bili izvedeni v kisikovi plazmi v različnih časovnih intervalih (30 s - 6 min).

Za opredelitev lastnosti TiO₂ plastem, ki so bile izpostavljene raznovrstnim načinom obdelave, sem uporabila različne metode. Debeline TiO₂-plasti in natiskanega sloja sem določila s profilometrom. Za

oceno adhezije TiO₂-plasti na substrat pa sem uporabila metodo s križnim rezom, ki se uporablja pri preizkusu oprijema plasti na podlago z zarezovanjem rešetke. Opredeljene so bile strukturne in morfološke značilnosti TiO₂-plasti, pridobljene po različnih postopkih obdelave. Analiza (XRD, SEM, FT-IR) plasti je pokazala, da se tvorba anatasnih TiO₂-delcev iz TKP prične že pri 120 °C, pri temperaturi 250 °C pa je formacija popolna. Plazemsko obdelana plast (6 min v kisikovi plazmi) je imela podobne strukturne in morfološke lastnosti kot plast, ki je bila izpostavljena 15 ur temperaturi 180 °C. Plazemska tehnologija se je izkazala kot primerna alternativna metoda za pripravo TiO₂-plasti, zato sem izpostavila v kisikovo plazmo tudi TiO₂-paste na organskih osnovah (običajno je potrebna najmanj eno-urna obdelava pri 450°C), vendar je kemijska analiza pokazala, da se je zaradi relativno debelega nanosa plasti (10 μm) med obdelavo odstranilo le 30 % organskih komponent.

Realizacija DS3 (M0-M18)

Karakterizacija materialov je potekala skozi celotno obdobje raziskav DS3 (M0 - M18). Raziskave novih materialov so bile podprte z različnimi analitskimi tehnikami in instrumenti. Njihovo uporabo in način karakterizacije sem navedla pri DS1, DS2 in DS4.

Realizacija DS4 (M13-M24)

V zadnjem obdobju je bila glavna naloga integracija razvitih TiO₂-plasti v EK sončne celice. V celicah sem preizkusila TiO₂-plasti, pridobljene z različnimi postopki: termična obdelava pri temperaturah od 25 do 250 °C in/ali obdelava v kisikovi plazmi. Glavne karakteristike EK sončnih celic (*J_{sc}*, *V_{oc}*, *FF*, *η*) sem ovrednotila pri obsevanju pod standardnimi testnimi pogoji (100 mW/cm², AM 1,5 in 25 °C). Celicam sem določila tudi spektralni odziv, ki je ključnega pomena za pravilno ovrednotenje učinkovitosti sončnih celic. V poročilo podajam le učinkovitosti pretvorbe za ključne celice s TiO₂-plastmi, pridobljene po različnih postopkih obdelave:

- sušenje pri sobni temperaturi 15h: $\eta_{EK} = 0.2 \%$
- termična obdelava 15h @ 120 °C: $\eta_{EK} = 1.4 \%$
- termična obdelava 4h @ 120 °C: $\eta_{EK} = 1.3 \%$
- termična obdelava 15h @ 180 °C, $\eta_{EK} = 2.0\%$
- termična obdelava 4h @ 180 °C, $\eta_{EK} = 1.8 \%$
- termična obdelava 1h @ 250 °C, $\eta_{EK} = 2.5 \%$
- termična obdelava 4h @ 250 °C, $\eta_{EK} = 2.7 \%$
- termična obdelava 15h @ 250 °C, $\eta_{EK} = 2.8 \%$
- obdelava v kisikovi plazmi: $\eta_{EK} = 2.2 \%$

Zgoraj opisane plasti izpostavljene različnim postopkom obdelave so bile preizkušene v EK sončnih celicah z elektrolitom na osnovi ionskih tekočin. Izdelala pa sem tudi celice z elektrolitom, ki bazirana na topilu acetonitril. V slednjem primeru je bila najboljša učinkovitost pretvorbe EK celice 5,6 % in sicer izmerjena za celico s TiO₂-plastjo, izpostavljeno temperaturi 250 °C. Rezultati so pokazali, da je bila TiO₂-pasta, ki omogoča pripravo TiO₂-plasti pri nizki temperaturi (≤ 250 °C), uspešno razvita. Predstavljena je tudi možnost uporabe plazemske tehnologije za obdelavo TiO₂-paste, ki učinkovito nadomesti temperaturni korak in občutno skrajša čas priprave TiO₂-plasti.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Realizacija je ves čas trajanja projekta uspešno sledila planu, tako da sem celotni plan izpolnila. V času trajanja projekta so bili rezultati raziskav predstavljeni na štirih mednarodnih konferencah v tujini [1-4] in na eni konferenci v slovenskem prostoru [5]. V prvem delu izvajanja podoktorskega projekta so bili na konferencah [1-3] predstavljeni predvsem rezultat v povezavi z razvojem in karakterizacijo materialov, ki omogoča pripravo TiO₂-plasti pri nizki temperaturi (≤ 250 °C). V drugem delu pa sem na konferencah [4, 5] predstavila uporabo novo-razvitih materialov v elektrokemijskih sončnih celicah. Rezultati so bili objavljeni tudi v dveh mednarodnih revijah: *Journal of Sol-gel Science and Technology* [7] in *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* [8].

V letu 2012 sem prispevala poglavje v monografski publikaciji, izdano pri založbi Springer [6] na temo uporabe sol-gel kemije pri elektrokemijskih sončnih celicah. V poglavju sem opisala tudi razvoj nizko-temperaturnih postopkov za pripravo TiO₂-plasti na upogljivih substratih, katere rezultate sem pridobila tekom podoktorskega projekta.

Poleg predvidenega programa dela se je tekom trajanja projekta odprlo še nekaj novih tematik, predvsem možnost uporabe plazemske tehnologije v procesu priprave učinkovite plasti. Glede na delo, dosežene rezultate in objave menim, da je bil podoktorski projekt uspešno zaključen in je potekal skladno s planom.

1. M. Hočevar. *7th Aseanian Conference on Dye-Sensitized and Organic Solar Cells*, Taipei, Tawan, 26.-29. oktober 2012.
2. T. Vidmar, M. Hočevar, U. Opara Krašovec, M. Topič. *Printed Electronics & Photovoltaics Europe 2012*, Berlin, Germany, 3.-4. april 2012.
3. M. Bokalič, U. Opara Krašovec, M. Hočevar, M. Topič. *38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, Austin, Texas, 3.-8. junij 2012.
4. M. Hočevar, U. Opara Krašovec, M. Topič. *XVII International Sol-Gel Conference*, Madrid, Spain, 25.-30. avgust 2013.
5. M. Hočevar, U. Opara Krašovec, M. Topič. *Slovenski kemijski dnevi 2013*, Maribor, Slovenija, 10.-12. september 2013.
6. M. Hočevar, M. Berginc, U. Opara Krašovec, M. Topič. Dye-sensitized solar cells. V: APARICIO, Mario (ur.), JITIANU, Andrei (ur.), KLEIN, Lisa C. (ur.). *Sol-gel Processing for conventional and alternative energy*. New York: Springer (2012) 147-175.
7. M. Hočevar, U. Opara Krašovec, M. Topič. *Journal of sol-gel science and technology*, 68 (2013) 67-74.
8. M. Hočevar, U. Opara Krašovec, M. Bokalič, M. Topič. W. Veurman, H. Brandt, A. Hinsch, *Journal of industrial and engineering chemistry*, 19 (2013) 1464-1469.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Ni sprememb.

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	10099796	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nizko-temperaturna vs. plazemska obdelava TiO ₂ -paste na vodni osnovi za elektrokemijske sončne celice
		ANG	Low-temperature versus oxygen plasma treatment of water-based TiO ₂ paste for dye-sensitized solar cells
	Opis	SLO	Predstavljena je bila novo razvita TiO ₂ -pasta na vodni osnovi, ki omogoča pripravo TiO ₂ -plasti pri nizki temperaturi (≤ 250 °C) ali v kisikovi plazmi. Pasta je bila izdelana iz TiO ₂ -nanodelcev (Degussa, P25) in sol-gel matrike na osnovi titanove(IV) perokso kisline (TPK), ki nastane z reakcijo titanovega izopropoksida in vodikovega peroksida. Rezultati so pokazali, da se pri termični obdelavi kot tudi v kisikovi plazmi iz TPK-matrike formirajo anatasni kristaliti TiO ₂ , ki delujejo kot povezovalno omrežje med osnovnimi TiO ₂ -nanodelci v plasti. Tvorba anatasnih TiO ₂ -delcev iz TPK se prične že pri 120 °C, pri temperaturi 250 °C pa je formacija popolna. Rezultati so potrdili, da temperaturni korak lahko uspešno nadomestimo s kisikovo plazmo, ki občutno skrajša čas priprave TiO ₂ -plasti. Sončne celice, pripravljene iz nove TiO ₂ -paste, dosegajo učinkovitost pretvorbe do 4,2 %.
		ANG	We report on the simple preparation of the water-based TiO ₂ paste enabling temperature curing ≤ 250 °C or oxygen plasma treatment. The paste is based on commercial TiO ₂ nanopowder (Degussa, P25) and sol-gel matrix achieved by mixing Ti(OiPr) ₄ and H ₂ O ₂ forming a complexing gel called peroxotitanic acid (PTA). The PTA matrix in the paste converts to anatase TiO ₂ crystallites and attaches to the basic TiO ₂ nanoparticles P25 upon annealing process or oxygen plasma treatment. The results confirm that the PTA matrix transformation occurs around 250 °C, but in the presence of TiO ₂ nanoparticles P25 i.e. in the paste the crystallization of the PTA matrix starts already at 120 °C. The results indicate that oxygen plasma treatment of TiO ₂ layers could efficiently replace temperature curing and avoid time-consuming process. Within this study the DSSCs with

		the efficiency up to 4.2 % were realized.
	Objavljeno v	Kluwer Academic Publishers; Journal of sol-gel science and technology; 2013; Vol. 68, no. 1; str. 67-74; Impact Factor: 1.660; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.768; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Hočevar Mateja, Opara Krašovec Urša, Topič Marko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	9649236 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Uporaba TiO ₂ paste na osnovi sol-gela za izdelavo elektrokemijskih sončnih celic in modulov s sitotiskom
		<i>ANG</i> Sol-gel based TiO ₂ paste applied in screen-printed dye-sensitized solar cells and modules
	Opis	<i>SLO</i> Enostaven proizvodni postopek na osnovi sitotiska je ključnega pomena za uspešno komercializacijo elektrokemijskih sončnih celic (EK). Razvili smo TiO ₂ pasto na osnovi sol-gela, ki omogoča izdelavo poroznega sloja, ki zagotavlja visoko učinkovitost EK, v enem koraku. Predstavljamo prvi poskus sitotiska sol-gel TiO ₂ paste, ki smo jo uspešno uporabili za izdelavo EK in fotonapetostnega modula. Elektroluminiscenčne slike modula dokazujejo lepo homogenost sloja brez proizvodnih defektov. Učinkovitost pretvorbe izdelanega modula s površino 75 cm ² doseže 5,7 % pod standardnimi testnimi pogoji.
		<i>ANG</i> A simple manufacturing process based on screen-printing is crucial for a successful commercialization of dye-sensitised solar cells (DSSCs). We developed the sol-gel based TiO ₂ paste in such a way that solely a single step deposition is sufficient to realize a sponge-like structure of the layer assuring its high activity in DSSCs. For the first time the sol-gel based TiO ₂ paste was screen printed and tested in DSSC masterplates and PV mini-modules. Electroluminescence imaging of the mini-module proved layer homogeneity and no manufacturing defects. The conversion efficiency of the PV mini-module with the active area of 75 cm ² reaches 5.7% at STC.
	Objavljeno v	Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry.; Journal of industrial and engineering chemistry; 2013; Vol. 19, no. 5; str. 1464-1469; Impact Factor: 2.145; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.598; A': 1; WoS: DY, II; Avtorji / Authors: Hočevar Mateja, Opara Krašovec Urša, Bokalič Matevž, Topič Marko, Veurman Welmoed, Brandt Henning, Hinsch Andreas
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	9022804 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Elektrokemijske sončne celice
		<i>ANG</i> Dye-sensitized solar cells
	Opis	<i>SLO</i> V poglavju monografije so podrobno predstavljene elektrokemijske sončne celice, njihova zgradba in princip delovanja. Podane so glavne lastnosti ter specifične zahteve posameznega materiala za optimalno delovanje elektrokemijske sončne celice. Opisane so metode izdelave TiO ₂ -plasti za sončne celice na steklenih substratih ter razvoj nizkotemperaturnih postopkov za pripravo plasti na upogljivih substratih. V prispevku so predstavljeni tudi napredni hibridni elektrokemijski sistemi. Osrednja nit poglavja pa je integracija sol-gel postopkov v proces izdelave posamezne komponente elektrokemijske sončne celice, s poudarkom na TiO ₂ -plasti.
		<i>ANG</i> In this book chapter the structure and the fundamental operation of the dye-sensitized solar cell (DSSC) are presented. The properties and requirements for each individual component used in a DSSC are given. The emphasis is given to the preparation of the TiO ₂ layers for glass-based as well as the flexible/plastic DSSCs. In addition also advanced hybrid DSSC systems are presented. In overall, the emphasis of the chapter is given to

		the involvement of sol-gel chemistry in the preparation of the individual DSSCs components, primarily of TiO ₂ layers and electrolytes.
	Objavljeno v	Springer; Sol-gel Processing for conventional and alternative energy; 2012; Str. 147-175; Avtorji / Authors: Hočevar Mateja, Berginc Marko, Opara Krašovec Urša, Topič Marko
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
4.	COBISS ID	10098260 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> TiO ₂ -plasti za sončne celice na polimernih substratih
		<i>ANG</i> TiO ₂ layers for solar cells on polymer substrates
	Opis	<i>SLO</i> Nizkotemperaturni postopki za izdelavo elektrokemijskih (EK) sončnih celic ponujajo številne prednosti pred konvencionalnimi visoko temperaturnimi metodami, saj omogočajo uporabo polimernih upogljivih substratov in s tem širijo nabor aplikacij. Opisana je študija nizkotemperaturne obdelave TiO ₂ -paste na osnovi titanove(IV) perokso kisline (TPK), pri čemer so bile TiO ₂ -plasti izpostavljene temperaturam med 25 °C in 250 °C v različnih časovnih intervalih. Učinkovitosti TPK-TiO ₂ -plasti so ovrednotene v EK celicah. Celice so bile izdelane tako na steklenih substratih, kot tudi na polimernih folijah. Rezultati kažejo, da nizkotemperaturna obdelava TPK-TiO ₂ -paste vodi do TiO ₂ -plasti z dobrim oprijemom na steklenih, kot tudi na polimernih substratih. Sončne celice, izdelane iz TPK-TiO ₂ -paste, dosegajo učinkovitost pretvorbe do 5,6 %.
		<i>ANG</i> Low-temperature methods for dye-sensitized solar cells (DSSCs) fabrication offer many advantages over the conventional high-temperature methods; plastic substrates could be used for roll-to-roll manufacturing of the light-weight and flexible devices. Moreover, low-temperature processing techniques open a wider range of applications for DSSCs. Within this paper the low-temperature treatment of TiO ₂ paste based on peroxotitanic acid (PTA) has been studied and described. The printed TiO ₂ layers have been treated at temperatures from 25 °C to 250 °C and different time intervals. The efficiency of the PTA-TiO ₂ layers, exposed to different post-deposition treatments has been evaluated on either glass or polymer substrate based DSSCs. The results indicate that low-temperature treating of PTA-TiO ₂ paste leads to the TiO ₂ layers with good adhesion to the glass as well as to the polymer substrates. The DSSCs assembled with PTA-TiO ₂ pastes achieved the efficiency up to 5.6%.
	Objavljeno v	Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Slovenski kemijski dnevi 2013, Maribor, 10.-12. september 2013; 2013; Str. 1-7; Avtorji / Authors: Hočevar Mateja, Opara Krašovec Urša, Topič Marko
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
5.	COBISS ID	9546068 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Prostorske karakterizacijske metode za elektrokemijske sončne celice
		<i>ANG</i> Spatial characterization techniques for dye-sensitized solar cells
	Opis	<i>SLO</i> V prispevku so predstavljene tri metode, ki omogočajo študijo lokalnih defektov v elektrokemijski sončni celici. Opisane in primerjalno ovrednotene so tri metode: metoda za slikanje transmisije (TI), sistem za določevanje lokalne učinkovitosti pretvorbe (LBIC) in metoda določevanja elektroluminiscence (EL). Slednja se je izkazala kot najustreznejša za spremljanje nehomogenosti TiO ₂ -plasti in/ali elektrolita v elektrokemijskih sončnih celicah.
		<i>ANG</i> Spatial characterization techniques are applied to dye-sensitized solar cells (DSSCs). A comparison between transmittance imaging (TI), light-beam-induced-current (LBIC) scan and electroluminescence imaging is carried out. EL has been used for characterization of DSSCs, showing that EL

		imaging is a proper method to follow the evolution of the inhomogeneities present in the electrolyte or TiO ₂ layer.
Objavljeno v		IEEE; Photovoltaic Specialists Conference (PVSC); 2012; Str. 1507-1511; Avtorji / Authors: Bokalič Matevž, Opara Krašovec Urša, Hočevar Mateja, Topič Marko
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<p><i>SLO</i> SLO-PV 2012: 4. slovenska fotovoltaična konferenca (19. - 20. junij 2012 na UL FE v Ljubljani)</p> <p><i>ANG</i> SLO-PV 2012: 4th Slovenian Photovoltaic Conference (19-20 Jun 2012 at UL FE, Ljubljana)</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Kot podpredsednica organizacijskega odbora sem aktivno sodelovala pri organizaciji konference. SLO-PV 2012 je bila sestavljena iz sledečih tematskih sklopov: 1. globalni trendi fotovoltaike v raziskavah, industriji in na trgu, 2. raziskave in razvoj fotovoltaike v Sloveniji, 3. izzivi in ovire priključevanja sončnih elektrarn na omrežje, 4. PV sistemi in sončne elektrarne v Sloveniji in sejemska predstavitev slovenskih podjetij, ki ponujajo produkte s področja fotovoltaike.</p> <p><i>ANG</i> As vice-president of the Organising committee I have participated in the organization of the 4th Slovenian Photovoltaic Conference. Main topics of the SLO-PV 2012: 1. global trends in photovoltaics in the fields of research, industry and market, 2. research and development of PV in Slovenia, 3. challenges and obstacles of connecting solar panels to the grid 4. PV systems in Slovenia and an exhibition of Slovenian PV companies.</p>
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	http://slo-pv.fe.uni-lj.si/
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela
2.	COBISS ID	8808532 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Ključni dosežki na področju DSSC v LPVO</p> <p><i>ANG</i> LPVO activities in DSSC technology</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Na konferenci "BioInspired Materials for Solar Energy Utilization" v Grčiji smo predstavili ključne dosežke Laboratorija za fotovoltaike in optoelektroniko (LPVO) na področju elektrokemijskih sončnih celic (DSSC).</p> <p><i>ANG</i> The activities of the Laboratory of Photovoltaics and Optoelectronics (LPVO) in the field of dye-sensitized solar cell (DSSC) technology have been presented at BIOSOL conference in Greece (BioInspired Materials for Solar Energy Utilization).</p>
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v	s. n.]; BIOSOL 2011; 2011; 1 str.; Avtorji / Authors: Opara Krašovec Urša, Hočevar Mateja, Berginc Marko, Bokalič Matevž, Topič Marko
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

(vabljeni predavanja)

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Udeležba na mednarodni konferenci/sejmu:

VIDMAR, Tjaša, HOČEVAR, Mateja, OPARA KRAŠOVEC, Urša, TOPIČ, Marko. University of Ljubljana. V: Printed Electronics & Photovoltaics Europe 2012, 3.-4. April, 2012, Berlin, Germany. Show guide. [S. l.]: IDTechEx, 2012, str. 29-30. [COBISS.SI-ID 9695060]

Na konferenci in sejmu "Printed Electronics Europe 2012" (Berlin, 3. - 4. april) sem na razstavnem prostoru Univerze v Ljubljani, Fakultete za elektrotehniko sodelovala pri predstavitvi raziskovalnih in razvojnih dosežkov Laboratorija za fotovoltaike in optoelektroniko. Predstavila sem tudi nekatere rezultate, pridobljene tekom podoktorskega projekta.

Rezultati podoktorskega projekta so bili predstavljeni še na konferencah:

HOČEVAR, Mateja, OPARA KRAŠOVEC, Urša, TOPIČ, Marko. Sol-Gel titanium dioxide paste for flexible dye-sensitized solar cell. V: XVII International Sol-Gel Conference, August 25-30, 2013, Madrid, Spain. Book of abstracts., 2013, str. 385. [COBISS.SI-ID 10099028].

HOČEVAR, Mateja. Low temperature vs. oxygen plasma treatment of sol-gel TiO₂ paste for dye-sensitized solar cell. Taipei: 7th Aseanian Conference on Dye-Sensitized and Organic Solar Cells, 2012. [COBISS.SI-ID 9678164].

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸**9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹**

SLO

V okviru podoktorskega projekta sem se ukvarjala z razvojem novih materialov (sol-gel matrik, past, TiO₂-plasti, ...) za upogljive optoelektronske elemente. Rezultati raziskav so po mojem mnenju podali smernice za nadaljnji razvoj materialov za izdelavo »nizko-temperaturnih« past, kar je dodana vrednostna tako na področju materialov, nanoznanosti kot tudi na področju fotovoltaike, kot novost pa se je še zlasti izkazalo utrjevanje TiO₂-plasti s kisikovo plazmo. Izredno zanimivost rezultatov so potrdili tudi ocenjevalci rokopisa z naslovom »Low-temperature versus oxygen plasma treatment of water-based TiO₂ paste for dye-sensitized solar cells«, ki je bil objavljen v reviji »Journal of Sol-gel Science and Technology«. Pridobljeni rezultati so po mnenju recenzentov odmevni in lahko pripomorejo k razvoju novih tehnoloških rešitev na področju nanotehnologije in fotovoltaike.

Številni pridobljeni rezultati so bili predstavljeni na petih konferencah, v dveh znanstvenih člankih ter objavljeni v poglavju monografske publikacije, izdane pri založbi Springer. Glede na zanimivost rezultatov, kot tudi aktualnost tematike, je upravičeno pričakovati veliko število citatov v prihodnjih letih. Raziskave v okviru projekta so odprla tudi nova sodelovanja s tujimi laboratoriji in utrdila že obstoječa sodelovanja.

ANG

Within the scope of the post-doctoral project I have worked on development of new materials (sol-gel matrixes, pastes, TiO₂ layers, etc.) for the flexible optoelectronic devices. I believe that the results of the research project have provided new directions for further research and development of the "low-temperature" materials, which will contribute significantly to the field of materials, nanosciences and photovoltaics. Especially the oxygen plasma treatment has been shown as novel and advance solution for TiO₂ layers treatment. In addition, the reviewers of the manuscript entitled "Low-temperature versus oxygen plasma treatment of water-based TiO₂ paste for dye-sensitized solar cells" which has been published in the journal "Journal of Sol-Gel Science and Technology" confirmed that the results are of extreme interest and they could introduce new technological developments in the field of nanotechnology and photovoltaics.

The results have been presented at five conferences, two scientific journals and they have been published in a book chapter (Springer). The results are interesting therefore numerous citations are expected in the following years. In addition, new collaborations with foreign laboratories were established.

9.2.Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Izdelava optoelektronskih sistemov z nizko-cenovno (uporaba preprostih in cenenih materialov, nizekotemperaturna obdelava, ...) in enostavno tehnologijo (sitotisk, kontinuirani postopek nanosa, ...) je zaželen predpogoj za njihov hitrejši prodor v industrijsko proizvodnjo in v naše vsakdanje življenje. V okviru projekta sem se posvetila tem vprašanjem in se osredotočila na razvoj novega, enostavnega in energetsko učinkovitega načina priprave TiO₂-paste, ki omogoča tisk TiO₂-plasti in izdelavo učinkovite plasti že pri nizki temperaturi (pod 250 °C). Cilj projekta je bila namreč realizacija upogljivih sončnih celic na polimernih substratih. Preizkusen in uspešno uporabljen je bil tudi postopek utrjevanja s kislikovo plazmo, kar predstavlja novost na področju izdelave elektrokemijskih sončnih celic. Poenostavitev metode priprave paste in skrajšanje časa obdelave TiO₂-plasti za uspešno integracijo v elektrokemijske sončne celice lahko nedvoumno štejemo kot dosežka, ki lahko znatno prispevata k uspešnem prenosu tega tipa sončnih celic v industrijo. Čeprav elektrokemijske sončne celice najverjetneje ne bodo nikoli primerne za oskrbovanje večjih porabnikov energije, vseeno pa njihova nizka cena in enostavna izdelava predstavljajo priložnost za slovensko industrijo pri proizvodnji posameznih specifičnih uporabniških izdelkov, ki potrebujejo šibkejši enosmeren vir napajanja in ne zahtevajo več desetletne življenjske dobe (npr. PV na nahrbtnikih, torbicah, šotorih, polnilci za mobilne telefone, tablice, napajanje kalkulatorjev, ur, itd.). Še večji izziv za industrijo pa ponuja enostavna integracija tiskanih sončnih celic v še bolj kompleksne tiskane sisteme (npr. senzor - baterija - sončna celica).

ANG

The optoelectronic devices fabricated with simple and low-cost technologies (low-cost materials, low-temperature processing, printing technology, roll-to-roll manufacturing) could provide a significantly foster these technologies towards their industrialization and on the other hand in our daily lives. Within the scope of the post-doctoral project I have been focused on this issue with a main aim of developing new, simple and energy-efficient production of TiO₂ paste, which allows printing of TiO₂ pastes and the formation of TiO₂ layers at low temperatures (below 250 °C). The goal of the project was the realization of flexible solar devices on polymer substrates. The oxygen plasma treatment of TiO₂ layers have been tested and successfully introduced, which is a novelty in the field of production dye-sensitized solar cells (DSSCs). Successful simplifying the production of TiO₂ layers for DSSCs (simple method and avoid time-consuming process) is an important step for their successful industrialization. Most probably the DSSCs will never provide significant sustainable energy supply. However, their simple and low-cost technologies might be an opportunity for Slovenian industry to produce specific products with demand low-power DC electricity and does not demand stability over several decades (e.g. PV for backpacks, bags, tents, chargers for mobile phones, tablets, power supply for calculators, watches, etc.). In addition the challenge for the industry is also the integration of printed solar cells in more advanced printed systems (e.g. sensor - battery - solar cell).

10.Samo za aplikativne projekte in doktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					

G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
		1.	
		2.	
		3.	
		4.	
		5.	
	Komentar		
	Ocena		

13. Izjemni dosežek v letu 2013¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Ključni dosežek podoktorskega projekta je uspešen razvoj TiO₂-paste za elektrokemijske sončne celice na upogljivih substratih. Nov način priprave TiO₂-paste je enostaven, energetsko učinkovit ter omogoča pripravo TiO₂-plasti pri nizki temperaturi (pod 250 °C), ki je še dopustna za polimerni substrat. Pasta je izdelana iz TiO₂-nanodelcev in sol-gel matrike na osnovi titanove (IV) perokso kisline, ki tvori anatasne TiO₂-delce že pri 120 °C. Kot novost pa se je zlasti izkazalo utrjevanje TiO₂-plasti z uporabo plazemske tehnologije v procesu priprave učinkovite aktivne plasti. Rezultati so potrdili, da temperaturni korak lahko uspešno nadomestimo s kislikovo plazmo, ki občutno skrajša čas priprave TiO₂-plasti. Sončne celice, izdelane iz nove TiO₂-paste, dosegajo učinkovitosti pretvorbe do 5,6 %. Rezultati so podrobneje predstavljeni v članku, ki je bil objavljenem v reviji »Journal of Sol-gel Science and Technology«.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
elektrotehniko

Mateja Hočevar

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	14.4.2014
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2014/18

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2014 v1.03

1F-C2-50-8F-DF-7D-EB-A1-96-77-12-97-DD-4D-17-E0-32-ED-A3-84

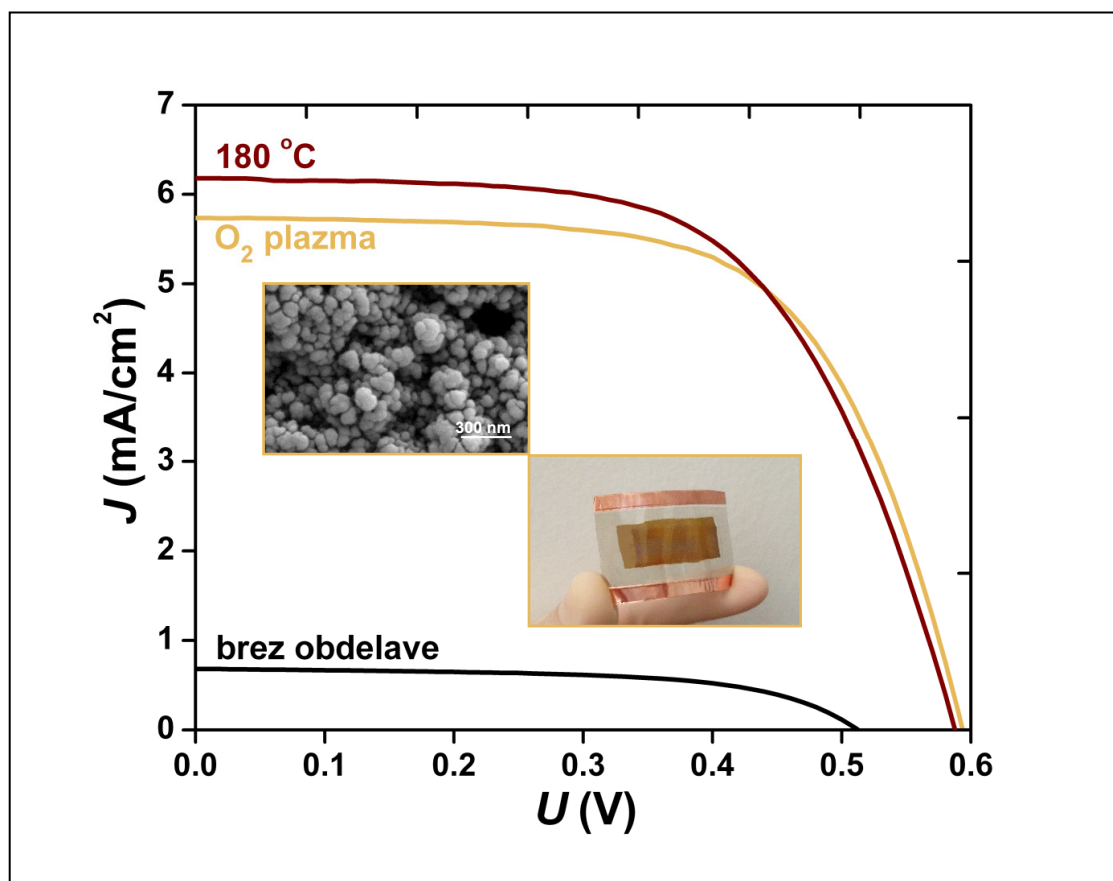
Priloga 1

TEHNIKA

Področje: 2.04 – Materiali

Dosežek 1: Razvoj TiO₂-paste za sončne celice na upogljivih substratih

Vir: HOČEVAR, Mateja, OPARA KRAŠOVEC, Urša, TOPIČ, Marko. Low-temperature versus oxygen plasma treatment of water-based TiO₂ paste for dye-sensitized solar cells. *Journal of sol-gel science and technology* 68 (2013) 67-74 [COBISS.SI-ID [10099796](#)].



Problem: Izdelava sončnih celic na osnovi steklenih substratov dovoljuje termično obdelavo TiO₂-plasti pri temperaturah do 500 °C, medtem ko upogljive (polimerne folije) tega ne omogočajo, kar predstavlja največji izziv pri prenosu obstoječih tehnologij na upogljive substrate, ki omogočajo kontinuirno izdelavo tiskanih sončnih celic (R2R) v proizvodnih procesih.

Rešitev: Razvoj TiO₂-paste, ki omogoča pripravo učinkovite TiO₂-plasti pri nizki temperaturi (≤ 250 °C). Pasta je izdelana iz TiO₂-nanodelcev in sol-gel matrike na osnovi titanove(IV) perokso kisline, ki tvori anatasne TiO₂ nanodelce že pri 120 °C. Temperaturni korak lahko uspešno nadomestimo s kislikovo plazmo, ki občutno skrajša čas priprave TiO₂-plasti. Plazemsko obdelana plast je v elektrokemijski sončni celici izkazovala podobne karakteristike kot plast, ki je bila 15 ur izpostavljena temperaturi 180 °C. V okviru projekta, razvite sončne celice dosegajo učinkovitost pretvorbe do 5,6 %.