

PREMENA SOLÁRNEJ ENERGIE - POČÍTAČOM PODPOROVANÝ EXPERIMENT

GERHÁTOVÁ Žaneta, SR

Resumé

V príspevku prezentujeme výsledky testovania nami zhotoveného elektrochemického organického solárneho článku, ktorý je súčasťou počítačom podporovaného experimentu „Premena solárnej energie“. Uvádzame voltampérovú charakteristiku článku a faktor plnenia FF pri intenzite osvetlenia 100 %. Pri zhotovovaní elektrochemického organického solárneho článku sme ako zdroj farbiva antokyanínu použili maliny. Využívali sme pomôcky, ktoré sú súčasťou súpravy „Man Solar - Article N° 3000“.

Kľúčové slová: antokyanín, experiment, elektrochemický organický článok, solárna energia

SOLAR ENERGY CONVERSION - COMPUTER-AIDED EXPERIMENT

Abstract

In this paper we present the results of testing the electrochemical organic solar cell, of our construction. The cell is a part of the computer aided experiment "Solar energy conversion". We present the current-voltage characteristics of the solar cell and fill factor FF at 100 % light intensity. In the construction of electrochemical organic solar cell as a source of dye anthocyanins we used raspberry. We used tools that are part of the "Solar Man-Article N° 3000".

Keywords: anthocyanin, experiment, organic electrochemical cell, solar energy

Úvod

Fotovoltické články slúžia na priamu výrobu elektrickej energie zo slnečného žiarenia. Ich parametre môžeme rozdeliť na absolútne (vyjadrujúce absolútnu veľkosť v jednotkách meranej veličiny) a relatívne (vyjadrujúce relatívnu veľkosť meranej veličiny). Medzi absolútne parametre patria napr. I_{SC} (prúd článkom nakrátko), U_{OC} (napätie naprázdno), P_m (maximálny výkon), U_m (maximálne napätie), I_m (maximálny prúd) a medzi relatívne parametre napr. FF (faktor plnenia článku), η_{el} (príspevok k účinnosti daný kumulatívnymi elektronickými parametrami fotovoltického článku), η (účinnosť prevodu žiarivej energie na elektrickú) [1].

Parameter FF závisí od odporu aktívnej polovodivej vrstvy. Vyjadruje pomer medzi maximálnym výkonom a výkonom daným napätím naprázdno U_{OC} a prúdom nakrátko I_{SC} . Je definovaný vzťahom (1) [2]:

$$\eta_{el} = \frac{I_m U_m}{I_{SC} U_{OC}} = FF \quad (1)$$

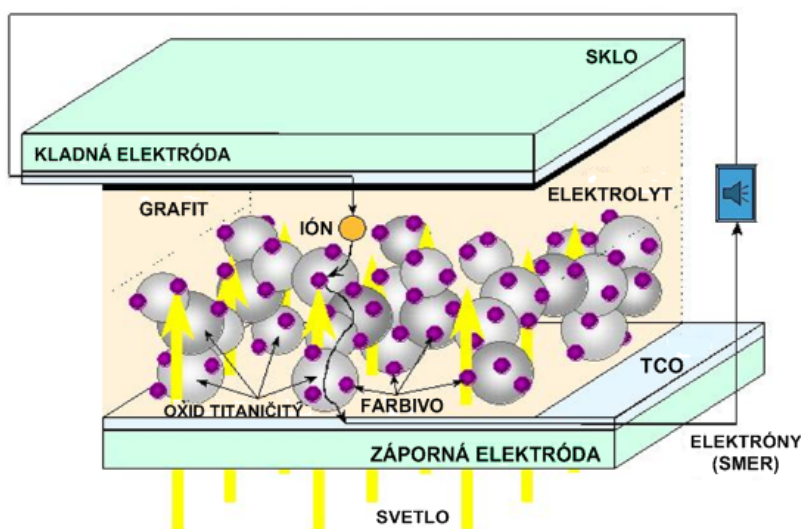
Podľa výsledného FF môžeme zistiť kvalitu fotovoltického článku. Vyšší faktor plnenia článku znamená vyššiu dodávku výkonu do záťaže.

Celkovú účinnosť prevodu žiarivej energie na elektrickú energiu môžeme vypočítať podľa vzťahu (2), kde P_{in} je výkon dopadajúceho svetelného žiarenia [2]:

$$\eta = \frac{I_{SC} U_{OC} FF}{P_{in}}, \quad (2).$$

1. Organický fotovoltaický článok

Podstatou elektrochemického organického fotovoltaického článku (Obr. 1) je využitie organického farbiva, ktoré je v čo možno najväčšom množstve zachytené na povrchu i vo vnútri pórovitej štruktúry oxidu titaničitého TiO_2 . V niektorých rastlinách a ovocí (hlavne v lesných plodoch) sú rozšírené farebné pigmenty - antokyaníny (fenolové látky), zodpovedné za modrú, fialovú a červenú farbu. Pigmenty pohlcujú ultrafialové (UV) žiarenie a chránia tým DNA rastliny pred poškodením slnečným žiarením. Farba je okrem UV žiarenia citlivá aj na teplotu, kyslík a iné faktory [3]. Farbivo obsahuje vlastné hydroxylové $-\text{OH}$ skupiny a kyslík $=\text{O}$. Týmto spôsobom prebieha väzba na povrchu pórovitej štruktúry TiO_2 .



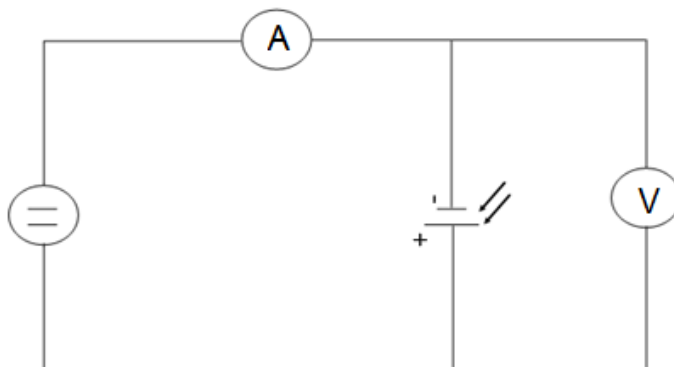
Obr. 1 Elektrochemický organický solárny článok (schéma) [4]

Naším cieľom bolo zhotoviť elektrochemický organický solárny článok, kde ako zdroj farbiva antokyanínu použijeme maliny. Následne otestovať zhotovený článok, tzn. zostrojiť jeho voltampérovú charakteristiku, vypočítať faktor plnenia FF pri intenzite osvetlenia 100 %.

Pri jeho zhotovení sme použili pomôcky, ktoré sú súčasťou súpravy „Man Solar - Article N° 3000“. Následne sme postupne každý zhotovený organický solárny článok otestovali s využitím systému ISES (Internetový školský experimentálny systém). Ako intenzívny zdroj svetelnej energie sme používali lampu so 100 W žiarovkou. Z nameraných hodnôt prúdu I a napätia U sme v programe Origin zostrojili voltampérovú charakteristiku článku pri intenzite osvetlenia 100 %. Následne sme vypočítali jeho faktor plnenia FF .

Solárny článok, ktorý sme zhotovili sa skladá z tenkej vrstvy (hrubej asi 10 μm) náhodne poukladaných molekúl TiO_2 (cca 20 nm v priemere), ktoré sú chemicky poprepávané s organickým farbivom antokyanínom. Molekuly TiO_2 tvoria trojrozmernú sieť, ktorá je elektricky vodivá, keď na ňu dopadá svetlo. Na seba naukladané molekuly TiO_2 sú spojené so sklenou platničkou pokrytou vodivou vrstvou TCO (Transparent conducting oxide). Vrstva TCO sa skladá z oxidu cínu, ktorý sa nachádza na skle a je dôležitý pre prenos prúdu, ktorý vyrábajú solárne články. TCO substrát spolu s TiO_2 a s molekulami svetlocitlivého pigmentu sa nazýva fotoelektróda a je záporným pólom solárneho článku. Pre kompletnosť solárneho článku, a teda aj elektrického okruhu, je nevyhnutné pridať kladnú elektródu (vrstva grafitu) a tekutý elektrolyt obsahujúci anióny [5]. Každý organický solárny článok sme zapojili

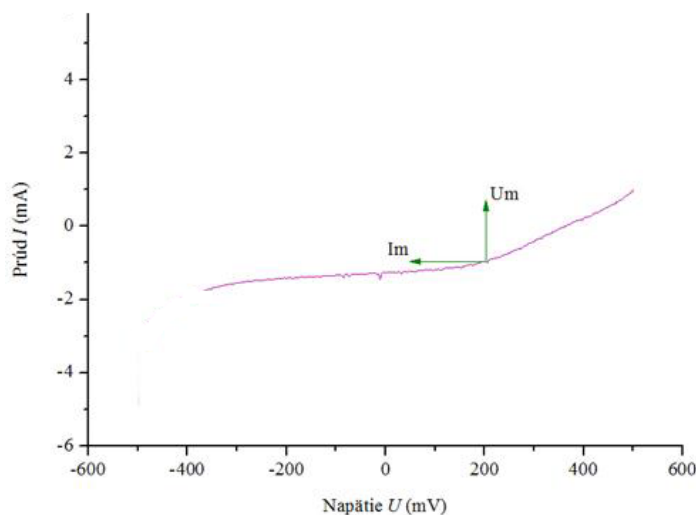
do riadiacej jednotky (riadený zdroj napätia a meradlo prúdu) podľa schémy zapojenia elektrického obvodu (Obr. 2).



Obr. 2 Schéma zapojenia elektrického obvodu na testovanie elektrochemického organického solárneho článku

2. Výsledky merania

Osvetlenie sme nastavili priamo na solárny článok a spustili sme experiment. Program ISES nám zobrazil voltampérovú charakteristiku meraného elektrochemického organického solárneho článku. Namerané hodnoty prúdu I a napätia U sme si uložili do PC, aby sme ich mohli využiť na výpočet výkonu solárneho článku. Z nameraných hodnôt prúdu I a napätia U sme v programe Origin zostrojili voltampérovú charakteristiku článku pri intenzite osvetlenia 100 % (Obr. 3).



Obr. 3 Voltampérová charakteristika elektrochemického organického solárneho článku pri intenzite žiarenia 100 % (zdroj antokyanínu – maliny) [6]

Maximálnemu výkonu článku zodpovedá maximálna hodnota prúdu I_m a napätia U_m . Voltmetrom sme odmerali elektrické napätie naprázdno U_{oc} a ampérmetrom elektrický prúd nakrátko I_{sc} . Fungovanie elektrochemického organického solárneho článku sme overili tak, že sme pomocou vzťahu (1) vypočítali ich faktor plnenia FF . Hodnoty I_{sc} , U_{oc} , U_m , I_m a vypočítaný faktor plnenia FF elektrochemického organického solárneho článku uvádzame v tab. 1.

Tabuľka 1 Výsledné hodnoty testovania elektrochemického organického solárneho článku

Zdroj farbiva antokyanínu	I_m (mA)	U_m (V)	I_{sc} (mA)	U_{oc} (V)	FF
Maliny	0,960	0,203	1,272	0,310	0,49

Záver

Faktor plnenia elektrochemického organického solárneho článku, kde sme ako zdroj farbiva antokyanínu použili maliny, má hodnotu 0,49. Chyby, ktorých sme sa pri meraní dopustili, môžu súvisieť s neúplným dodržaním pracovného postupu, pretože sme elektródy nežihali v peci pri $t = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale len v plameni liehového kahana. Čo mohlo následne spôsobiť nedostatočnú absorpciu farbiva antokyanínu do filmu TiO_2 . Môžeme konštatovať, že cieľ, ktorý sme si stanovili, sme splnili.

Ak by sme zapojili do série viac takýchto organických elektrochemických solárnych článkov, mohli by sme rozsvietiť diódu, rozozniť elektroakustický menič alebo napájať kalkulačku.

Literatúra

- 1 BANNERT, P. *Porovnanie vlastností fotovoltaičných článkov*, 2007, [online]. Dostupné na internete: <http://www.vosvdf.cz/cmsb/userdata/487/FVS_007_cviceni/007_porovnavani_fvc.pdf>, s. 2 – 4, Citované dňa: 19.04.2013
- 2 *Premena slnečnej energie*, [online]. Dostupné na internete: <<http://www.ises.info/index.php/sk/laboratory/experiment/solar-energy-conversion/physicalBackground>>, citované dňa 19.4.2013
- 3 SULLIVAN, J., *Anthocyanin*, s. 27, 1998, [online]. Dostupné na internete: <<https://djfextranet.agrsci.dk/sites/climafruit/offentligt/Documents/UKEnclosure%2021.pdf>>, citované dňa: 13.04.2012
- 4 *MAN SOLAR - MAKE YOUR OWN SOLAR CELL* (Manual), The Netherlands, s. 19, 2006
- 5 NARAYAN, M. R., RATURI, A. Fabrication and Characterization of Hibiscus rosa – sinensis based Dye Sensitized Solar Cell. In: *World Renewable Energy Congress 2011*, University of the South Pacific, Suva, Fiji Islands, Linköping, Sweden, 2011. 7 s.
- 6 MIČÁNKOVÁ, Z. *Premena solárnej energie*. Bakalárska práca. PdF TU v Trnave. Trnava 2013, vedúci práce: Žaneta Gerhátová.

Lektoroval: **doc. RNDr. Mária Lucká, PhD.**

Kontaktná adresa:

Žaneta Gerhátová, PaedDr. PhD.,
Katedra fyziky, Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, Priemyselná 4, 917 43 Trnava, SR, tel. +421917866026,
e-mail: zaneta.gerhatova@truni.sk