

## Daniel Hlubeň, Rastislav Stolárik, Štefan Vaško

# Nové trendy vo fotovoltaike

V tomto článku sú uvedené informácie v oblasti fotovoltaiky, o účinnostiach jednotlivých buniek v závislosti od typu použitého materiálu.

Kľúčové slová: fotovoltaika, materiály, účinnosť

### I. ÚVOD

Z článkov citovaných v texte je zrejme, že výskum sa zameriava v oblasti fotovoltaiky hlavne na použitie nových materiálov s vyššou účinnosťou premeny slnečnej energie na energiu elektrickú [2], [3], [4], [7]. No existujú aj firmy, ktoré sa zaoberajú zvýšením účinnosti fotovoltaických elektrární pridaním zrkadiel, či použitím špecializovaného softvéru, ktorým sa panely nakláňajú tak, aby bola výroba elektriny čo najvyššia. [12]

Vývoj však postupuje a presahujú sa účinnosti cez 20 % fotovoltaických panelov pre komerčnú výrobu. Preto sú v tomto článku zhrnuté v krátkosti niektoré informácie z tejto oblasti.

### II. NOVÉ MATERIÁLY

V projekte, ktorý bol robený v Nemecku [1], bolo vykonané porovnanie rôznych technológií solárnych generátorov. Z porovnania je možné vidieť, že účinnosti jednotlivých fotovoltaických buniek sa líšia od použitých materiálov a technológií. Vysokú účinnosť mala trojzbová GaAs solárna bunka pozostávajúca zo 150  $\mu\text{m}$  tuhého substrátu [1].

TABUĽKA I

Typické parametre solárnych generátorov v závislosti od typu bunky

SC type	$\eta_{\text{BOL}}$ [%]	W/m <sup>2</sup>	3.5 kg/m <sup>2</sup>	0.5 kg/m <sup>2</sup>
			W/kg	W/kg
Si	16.8	90	23.7	-
GaAs	28.0	185	42.4	-
CIGSe	10.0	65	18.2	118
	15.0	104	29.1	189
	20.0	143	39.9	259

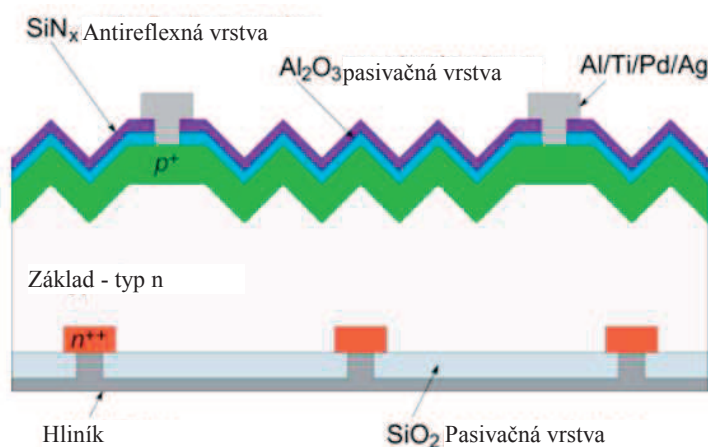
V pokuse uvedenom v [2] sa získala účinnosť cez 15 % zo 17 bunkových integrovaných modulov na tomto substráte. Najvyššiu účinnosť, ktorú sa podarilo získať v tejto štúdii bola 15,9 % [2]. (Obr. 1).

Na druhej strane, bola dosiahnutá aj účinnosť 19,6 % na 148 cm<sup>2</sup> na amorfnej/kryštalickej dvojitej solárnej bunke s heteroprechodom. Táto zmena v účinnosti sa dosiahla presunom starého výrobného procesu do integrovaného veľkého priestoru bunky JUSUNG. Optimalizácia každého výrobného kroku viedla k výrobe veľkých zariadení.

Podobné alebo väčšie účinnosti v priemyselnom výrobnom procese fotovoltaických článkov sa dosiahli v [3]. Výpočty preukázali, že je možné dosiahnuť účinnosť okolo 20 % v bórom dopovanom kyslíkom kontaminovanom kremíku.



Obrázok 1 CIGS modul [2]



Obrázok 2 Štruktúra bunky s borovým rozptýleným čelným emitorom [11]

Výsledky s bórom dopovaným čelným prechodom sú v tabuľke 2:

TABUĽKA II  
Results of cells with boron-diffused front junction [11]

Reálna konštrukcia	$V_{oc}$ (mV)	$J_{sc}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	FF (%)	$\eta$ (%)
Themaloxid + miestne rozptýleným P-BSF	705	41,1	82,5	23,9
Nová PassDop vrstva s laserom vypaľovaným P-BSF	701	39,8	80,1	22,4
P-BSB celopriestorov7 s tlačnými čerlnými kontaktmi	654	38,7	80,8	20,5

### III. ZÁVER

Z vyššie uvedeného je zrejme, že použitie nových materiálov a výskum nových typov buniek vedie k vyšším účinnostiam. Najvyššou prioritou je teda použitie vysokoúčinných materiálov pre premenu slnečnej energie na elektrickú s čo najvyššou účinnosťou. Príkladom toho, že zvyšovanie účinnosti je možné, a že je možné taktiež prekročiť 20 % sú fotovoltaické články tretej generácie s vylepšenými bunkami, ktorých účinnosť presahuje 20 % a teda napomáhajú k účinnejšej premene slnečnej energie na elektrickú..

### POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Výskum charakteristík fotovoltaických komponentov pre efektívne projektovanie solárnych systémov, s ITMS kódom: 26220220080, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

### LITERATÚRA

- [1] Kai Zajac, Sebastian Brunner, Christian A. Kaufmann, Raquel Caballero, Hans-Werner Schock, Andreas Rahm, Christian Scheit, Hendrik Zachmann, Friedrich Kessler, Roland Wuerz, Peter Schülke: Latest results of the German joint project "Flexible CIGSe thin film solar cells for space applications": <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5614100>

- [2] Shogo Ishizuka, Takashi Yoshiyama, Kazuyuki Mizukoshi, Akimasa Yamada, and Shigeru Niki: Monolithically integrated CIGS submodules fabricated on flexible substrates: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5614095>
- [3] D. Muñoz, A.S. Ozanne, S. Harrison, A. Danel, F. Souche, C. Denis, A. Favier, T. Desrues, S. Martin de Nicolás, N. Nguyen, P.E. Hickel, P. Mur, T. Salvetat, H. Moriceau, Y. Le-Tiec, M. S. Kang, K. M. Kim, R. Janin, C. Pesenti, D. Blin, T. Nolan, I. Kashkoush, P.J. Ribeyron: Towards high efficiency on full wafer a-Si:H/c-Si heterojunction solar cells: 19.6% ON 148cm <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5614179>
- [4] S. W. Glunz, J. Benick, D. Biro, M. Bivour, M. Hermle, D. Pysch, M. Rauer, C. Reichel, A. Richter, M. Rüdiger, C. Schmiga, D. Suwito, A. Wolf, R. Preu: n-type silicon – enabling efficiencies > 20% in industrial production <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5614203>
- [5] Martin A. Green, Gavin Conibeer, Dirk König, Santosh Shrestha, Shujuan Huang, Pasquale Aliberti" Lara Treiber, Robert Patterson, Binesh Puthen Veetil , Andy Hsieh, Yu Feng, A. Luque, A. Martí, P.G. Unares, E. Canovas, E. Antolln, D. Fuertes Marrón, C. Tabler, E. Hernandez, J-F. Guillemoles, L. Huang, A. Le Bris, T. Schmidt, R. Cladl, M. Tayebjee: Hot carrier solar cells: Challenges and recent progress: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5614200>
- [6] A. Le Bris\* and J-F. Guillemoles: Hot carrier solar cell efficiency simulation with carrier extraction through on ideal selective contacts: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5617331>
- [7] K. Xerxes Steirer, N. Edwin Widjonarko, Ajaya K. Sigdel, Matthew T. Lloyd, David S. Ginley, Dana C. Olson, Joseph J. Berry: Optimization of Organic Photovoltaic Devices Using Tuned Mixed Metal Oxide Contact Layers: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5614501>
- [8] Kentaroh Watanabe, Akio Hig, Masakazu Sugiyama, Yoshiaki Nakan: Self-assembled SiO<sub>2</sub> particle coating on 2 layer anti-reflection films for efficiency enhancement of GaAs PV cells: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5614526>
- [9] Dries Van Gestel, Monica Chahal, Paul C. van der Wilt, Yu Qiu, Ivan Gordon, James S. Im, Jef Poortmans: Thin-film polycrystalline silicon solar cells with low intragrain defect density made via laser crystallization and epitaxial growth: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5615848>
- [10] Johnson R., Johnson L., Nelson L., Lenox C., Stein J.: Methods of integrating a high penetration photovoltaic power plant into a micro grid <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5615866>
- [11] S. W. Glunz, J. Benick, D. Biro, M. Bivour, M. Hermle, D. Pysch, M. Rauer, C. Reichel, A. Richter, M. Rüdiger, C. Schmiga, D. Suwito, A. Wolf, R. Preu: n-TYPE SILICON – ENABLING EFFICIENCIES > 20% IN INDUSTRIAL PRODUCTION <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5614203>
- [12] <http://www.goldensun.sk/sk.html>

### ADRESY AUTOROV

Daniel Hlubeň, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, daniel.hluben@tuke.sk

Rastislav Stolárik, VÁDIUM s.r.o., Plzenská 2, Prešov, stolarik@vadium.sk,

Štefan Vaško, VÁDIUM s.r.o., Plzenská 2, Prešov, vasko@vadium.sk