

FINDING SOLAR CELL DEFECTS BY LBIC TECHNIQUE

Tomáš VAŠÍČEK, Master Degree Programme (5)
Dept. of Electrical and Electronic Technology, FEEC, VUT
E-mail: vasicek2@kn.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Jiří Vaněk

ABSTRACT

LBIC is a technique useful for detecting solar cell defects using local characterization.

During measurement mono-crystalline silicon with scanning local illumination was tested by a focused IR-laser. The linear response (current) of the solar cell is measured and large database with high spatial resolution is obtained. For each point on the solar cell is gained a set of local parameters which give information on the spatial distribution of the photo current.

The practical approach to this technique will be discussed and demonstrated.

1 ÚVOD

Solární článek je velkoplošný prvek s alespoň jedním PN přechodem. Ten je vystaven záření a jsou vybudeny elektricky nabitě částice. Jednotlivé páry jsou poté separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Toto rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi předním a zadním kontaktem článku. U tohoto zařízení závisí celková efektivita na lokálních vlastnostech a tedy existence místních defektů je velmi nežádoucí.

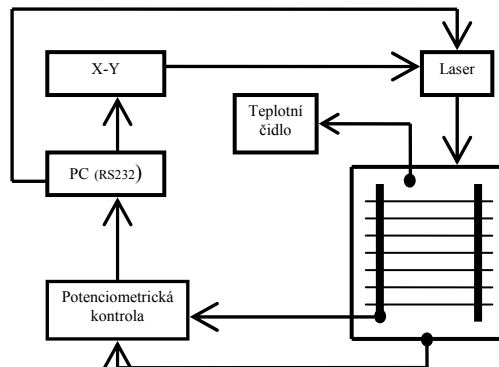
Experimentální techniky, které jsou schopné mapovat prostorové rozdělení takových lokálních parametrů, mohou poskytovat cenné informace, a tak napomáhat k zlepšení technologie výroby. Takovou typickou metodou je LBIC, pomocí níž se skenuje prostorového rozdělení foto proudu solárního článku a je možné určit defekty na článku.

2 ROZBOR

Cílem tohoto projektu bylo popsat defekty vznikající na monokrystalických křemíkových solárních článcích za použití měřicí techniky LBIC. Ke skenování byla zvolena sada, u které se předpokládá (podle souboru globálních parametrů každého článku - R_{SH} , R_S , U_{OC} , I_{SC}) výskyt různorodých vad.

3 TECHNIKA MĚŘENÍ

Vytipované vzorky byly nejdříve proměřeny na automatickém přístroji, který určil celkové parametry článku. Poté jsem za pomoci skenovací metody LBIC provedl zmapování jednotlivých vzorků. Blokové schéma měřícího pracoviště je zobrazeno na obrázku 1.



Obr. 1: Blokové schéma měřícího pracoviště

Infračervený laserový paprsek je během měření zaostřen na vzorek a díky lokální odezvě z článku získáme X-Y scan lokální odchylek. Získaná data se hodí k sestrojení modelu solárního článku, ze kterého je možné vyčíst většinu typu defektů.

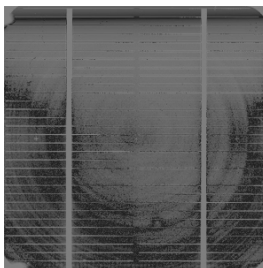
Během jednotlivých skenování metodou LBIC byla také průběžně zaznamenávána teplota pomocí digitálního čidla. Ukázalo se, že se článek vlivem laseru zahřívá o 2 °C, což je obecně podle (1) asi 1 % výkonová změna. [1]

$$I_{sc} = I_o (e^{qU_{oc}/kT} - 1) \quad (1)$$

4 CHARAKTERIZACE NALEZENÝCH DEFEKTŮ

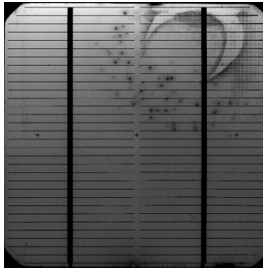
Z důvodu délky této práce uvádím pouze tři nejzajímavější defekty, které jsem během výzkumu objevil. Popisované vady byly za účelem dobrého zobrazení upraveny vhodným stupněm šedi, protože grafický výstup ze skenovacího programu je pouze zaměřen na míru proudové odezvy jako celku.

Defekt u vzorku č. 1 je zřetelný na obr. č. 2. Daný článek obsahuje vírové defekty (Swirl Defects). Jedná se o vadu ve tvaru kruhovitěho spektra. Pravidelné prstence vznikají z důvodu injekce kyslíku do křemíku rozpouštěním křemenných nádob při rotačním pohybu během Czochralského metody. [2]



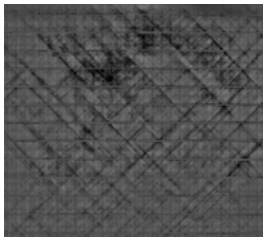
Obr. 2: Mapa proudové odezvy ze vzorku č.1

U vzorku č. 2 bylo z mapy lokálních parametrů (obr. č. 3) určeno, že zde došlo během výrobního procesu k částečnému porušení článku. Tyto vady vznikají většinou po nevhodném tepelném zpracování.



Obr. 3: *Mapa proudové odezvy ze vzorku č. 2*

Na vzorku č. 3 jsem objevil středové pnutí, ke kterému někdy dochází při výrobě křemíku. Detail poruchy je zřetelný na obr. č. 4.



Obr. 4: *Detailní snímek defektu na vzorku č. 3*

5 VÝSLEDKY

Během měření bylo nalezeno několik typů defektů. Všechny tyto uvedené vady vytváří generačně rekombinační centra a tak snižují podstatně dobu života nosičů náboje. V důsledku toho se výrazně snižuje účinnost solárního článku jako celku, a proto je důležité se těmito poruchami dále zabývat.

6 ZÁVĚR

LBIC metoda má v sobě velký potenciál a je pouze otázkou času, než dojde k uplatnění této technologie v praxi. Především by bylo vhodné tuto techniku zakomponovat do automatické linky a skenovat jednotlivé články během výroby.

Problematikou odhalování defektů pomocí metody LBIC na solárních křemíkových krystalických člancích se budu dále a hlouběji zabývat ve své diplomové práci.

LITERATURA

- [1] Green, M. A.: Solar Cells, Operating Principles, Technology and System Applications, Prentice-Hall, Inc., New Jersey (1983)
- [2] Charvát, J.: Monokrystalický křemík pro výrobu solárních článků a důsledky jeho tepelného zpracování – diplomová práce