

CHARACTERISTICS FEATURES OF LUMINESCENCE RADIATION SOLAR CELLS

Martin Malý

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xmalym06@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Radek Stojan

E-mail: xstoja00@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with characteristic features of luminescence radiation solar cells during electroluminescence defect detection. Electroluminescence is the process in which a substance (solar cell) begins to radiate electromagnetic radiation (luminescence radiation) due to passing electrical current. Various defects in the structure of the photovoltaic cell can cause polarization of that radiation. The aim of this thesis is to acquaint with possibilities of creation and analysis of polarized radiation on various defects solar cells.

Keywords: Solar cells , electroluminescence, polarization, polarizing filter, defect, CCD camera.

1. ÚVOD

Jednou z diagnostických metod fotovoltaických článků, po boku s LBIC (Light Beam Induced Current), LBIV (Light Beam Induced voltage) a jinými, je elektroluminiscence. Elektroluminiscence slouží k určení materiálových, elektrických i optických vlastností článků. Elektrický proud, procházející článkem, způsobuje vyřazování luminiscenčního záření. Použitím vhodného detektoru lze zaznamenat mapy proudové hustoty článku, ze kterých lze vysledovat nejrůznější defekty. Obecně místa s vyšší proudovou hustotou jsou světlá a naopak defekty jsou reprezentovány tmavším odstínem.[1]

Mým cílem bylo prozkoumat skupinu polykrystalických solárních článků základní metodou elektroluminiscence a tuto metodu rozšířit o polarizační analýzu. Z naměřených dat pak vyvodit závěr, jenž by mohl v budoucnu pomoci při detekci defektů solárních článků a s tím zároveň spojeno zlepšení kvality a účinnosti budoucích celých panelů.

2. MĚŘENÍ POLARIZACE LUMINISCENČNÍHO ZÁŘENÍ

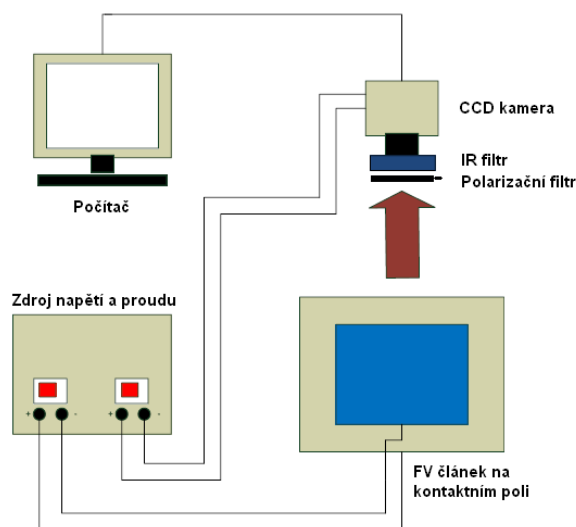
2.1. PŘÍPRAVA PRACOVÍŠTĚ A JEHO POPIS

Pro zvýšení kvality vyhodnocení měření elektroluminiscence je jedním ze základních požadavků zamezit přístup viditelného spektra k diagnostikovanému článku [2]. FV článek byl tedy umístěn do temné komory (uzavíratelný plechový box) s instalovanými kontaktními svorkami na dně. Svorky byly připojeny na zdroj proudu a napětí DIAMETRAL P230R51D. Článek byl napájen v propustném směru proudem o velikosti 2A při napětí 1,4V. Na objektiv CCD (Charge-coupled device) kamery byl namontován IR filtr a celý objektiv kamery byl prostrčen kruhovým výřezem na vrchní straně temné komory. Stejným zdrojem, kterým byl napájen článek, byla napájena také kamera (12V). Čip CCD kamery byl chlazený termoelektricky na teplotu -20°C, aby se snížil vliv tepelného šumu. Celá kamera byla chlazena větráčkem. Naměřená data byla posílána do počítače pomocí USB 2.0 portu a následně zpracována pomocí nainstalovaného programu SIMS.

Pro měření elektroluminiscenčního záření jsem využil CCD kameru typu G2 – 3200 s chlazeným čipem KAF-3200ME od firmy Kodak. Ke kameře byl připojen 58 mm objektiv od firmy Canon, který zajišťoval nastavitelné přiblížení a zaostření obrazu.

SIMS (Simple Image Manipulation System) je softwarový balíček, který je specializován na ovládání CCD kamer. Je možné jej využít i v řadě jiných funkcí, týkajících se převážně zpracování pořízeného obrazu, jako je kalibrace obrazu, nastavení RGB kompozice, histogram, nebo použití různých filtrů [3].

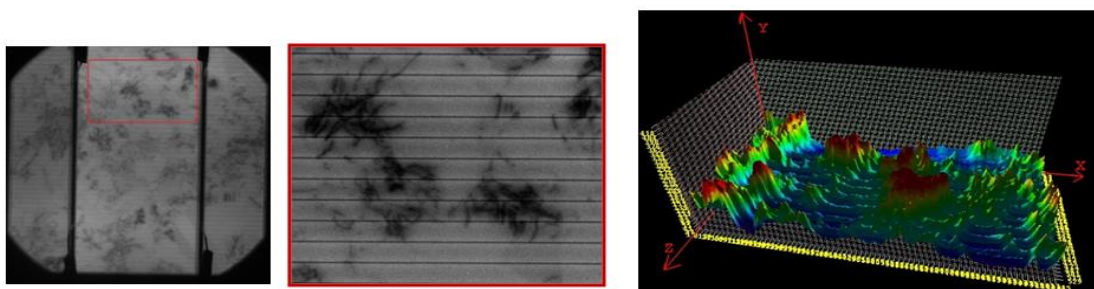
Pro rozšíření metody elektroluminiscence (viz **Obrázek 1**) o polarizační analýzu bylo zapotřebí rozšířit optickou soustavu objektivu a přidat tak do aparatury polarizační filtr. V tomto případě se na objektiv za IR-filtr zařadil lineární polarizační filtr od firmy Hama. Na okraji filtru je pacička, kterou lze nastavovat orientaci filtru. Princip měření spočívá v tom, že se snímá intenzita záření pro několik orientací filtru a sleduje se, jestli se intenzita záření mění s natočením filtru.



Obrázek 1: Měřící pracoviště metody elektroluminiscence

2.2. MĚŘENÍ A ANALÝZA DAT

Z analyzovaných článků byl vybrán a detailněji proměřen metodou elektroluminiscence článek s označením Z12047_23, který lze shlédnout na obrázku č. 2 vlevo. Jedná se o polykrystalický FV článek modré barvy (tloušťka antireflexní vrstvy cca 80nm). Povrch článku je tvořen texturou pyramidového tvaru. Na tomto článku byla poté vybrána oblast pro detailní analýzu. Tato oblast byla opětovně proměřena s polarizačním filtrem. Orientace polarizačního filtru vůči ose položení FV článku se měnila vždy po 10° . Úhel pootočení byl odečítán pomocí stupnice na objektivu. Bylo provedeno celkově 36 měření (360°) vybrané oblasti. Detail vybrané oblasti je vidět na **Obrázek 2** uprostřed.



Obrázek 2: Analyzovaný vzorek s označením Z12047_23 a jeho detail vybrané oblasti, 3D zobrazení

Následovalo převedení snímků do 3D za pomoci programu UniMap. Zde lze sledovat intenzitu záření. Za předpokladu, že polarizace záření by měla vznikat na defektech, je intenzita záření inverzovaná, tedy tam, kde je ve skutečnosti defekt, je hodnota nejvyšší.

Tuto skutečnost zobrazuje **Obrázek 2** vpravo. Naměřené hodnoty v jednom bodě defektu mikropraskliny byly převedeny do grafu.

Obrázek 3 ukazuje závislost intenzity záření na úhlu pootočení filtru. Pokud mluvíme o lineární polarizaci, pak si můžeme polarizované světlo představit jako vlnu kmitající pouze v jedné rovině, např. v rovině Y. Námi získané hodnoty se dají charakterizovat jako dvě půlvlny lineárního vlnění. Výsledky jsou částečně zkresleny rozostřující se optickou soustavou při jednotlivých měřeních.



Obrázek 3: Graf závislosti intenzity luminiscenčního záření na úhlu otočení polarizačního filtru

3. ZÁVĚR

Pomocí elektroluminiscence lze zjistit různé druhy defektů (skrytý lom, vnitřní pnutí, mechanické poškrábání, dislokace a jiné). Znalost charakteristických polarizačních průběhů luminiscenčního záření defektů může pomoci při určování jednotlivých typů defektů v ploše článku a následné selekci kvalitních či méně kvalitních článků.

Naměřené hodnoty podrobené 3D analýze ukazují, jak se měnila intenzita luminiscenčního záření v závislosti na úhlu pootočení lineárního filtru. Námi získané hodnoty vykazují charakter vlnitosti a můžeme říci, že lze pozorovat jistou míru polarizace v dané oblasti. Je podstatné zabývat se dále analýzou defektů, neboť defekty značně ovlivňují účinnost fotovoltaického článku a v dnešní době je i desetina účinnosti k dobru nezanedbatelná.

V návaznosti na tuto práci bych se rád zabýval dalšími možnostmi polarizace luminiscenčního záření s využitím kvalitnější 3D analýzy v programu Matlab, s možností automatického odečítání detailu snímků od sebe. Součástí řešení by měla být také animace vlivu pootočení polarizačního filtru na intenzitu záření.

REFERENCES

- [1] JANDOVIČ, K.: Diagnostické metody plošného rozložení defektů solárních článků. Brno, 2008. 91 s. [Dizertační práce], Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [2] PELANT, I., VALENTA, J.: *Luminiscenční spektroskopie, I. Objemové krystalické polovodiče*. Praha: Nakladatelství Academia, 2006. 327 stran. ISBN 80-200-1447-0.
- [3] Introduction to SIMS [online]. 2008 [cit. 2013-3-9]. Dostupný z WWW: <<http://ccd.mii.cz/art?id=300&cat=23&lang=409>>.