

NONDESTRUCTIVE TESTING OF SOLAR CELLS

Andrej Mudroch, Pavol Kršák, Dalibor Bača

Bachelor Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xmudro01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Miloš Chvátal

E-mail: chvatal.milos@phd.feec.vutbr.cz

Abstract: The main aim of our job was measuring of the solar cells capacity's dependence on frequency (in order to find the maximal value of capacity) as well as measuring the VA characteristics of chosen solar cell - to found out what is the most advantageous voltage interval for solar cell's working.

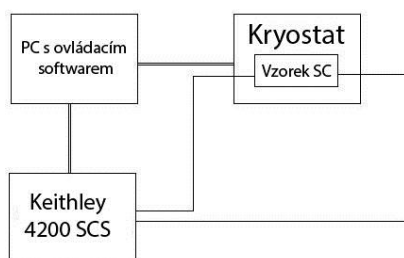
Keywords: solar cells, VA characteristic, electron density, cryo temperature

1. ÚVOD

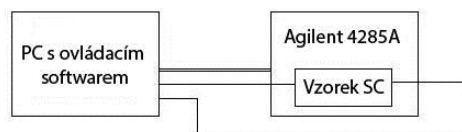
Cílem naší práce bylo charakterizovat dostupné vývojové fotovoltaické články. Prozatím jsme se zaměřili na teplotní závislosti transportu náboje, především na měření VA charakteristiky v propustném i v závěrném směru. Teplotní závislost fotovoltaických článků jsme změřili pro teploty 10, 200, 350K. Dále jsme se zaměřili na měření závislosti bariérové kapacity PN přechodu na frekvenci, jelikož solární článek má podobné vlastnosti jako dioda.

2. MĚŘENÍ

Měření VA charakteristiky vzorky fotovoltaického článku bylo prováděno s využitím kryostatu a externího kombinovaného zdroje/multimetru firmy Keithley 4200 SCS - blokové schéma zapojení (obr. 1). Při samotném měření a ovládní byl využit ovládací software naprogramovaný v prostředí LabView. Při měření bariérové kapacity PN přechodu bylo využito přístroje Agilent 4285A - blokové schéma zapojení (obr. 2), ovládací program byl taktéž naprogramovaný v LabView, příkazy byly čerpány z manuálu [2].



Obr. 1: Blokové schéma zapojení měřící aparatury při měření VA charakteristiky.



Obr. 2: Blokové schéma zapojení měřící aparatury při měření frekvenční kapacity vzorku.

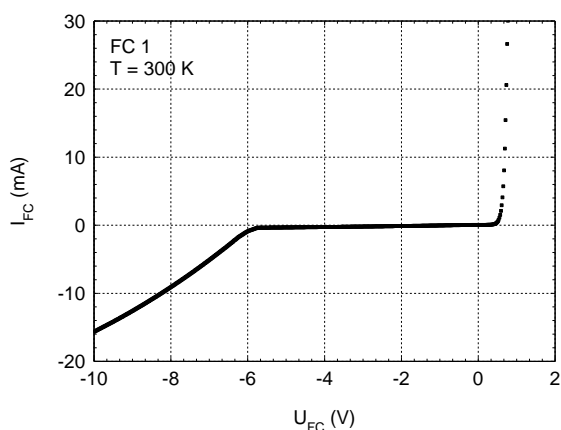
Zařízení byla s PC propojena přes rozhraní GPIB, kterého přenosová rychlost byla vzhledem k použitým zařízením dostatečná. Maximální dovolený proud byl stanoven na 30 mA, protože námi měřený fotovoltaický článek je velikosti čtverce o straně 1 cm. V závěrném směru dosáhlo maximální zkoušené napětí 10 V, v propustném 2 V. Získané charakteristiky byly následně vyneseny do grafů a porovnány s teoretickými průběhy vypočtenými podle Shockeyho rovnice (1) pro teplotu 300 K.

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right), \quad (1)$$

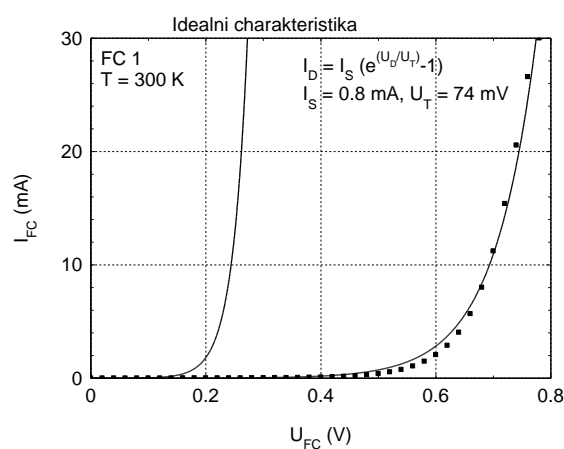
kde I_D je proud procházející diodou, I_S je saturační proud diody (proud v závěrném směru), U_D je napětí na diodě a U_T je teplotní napětí popsané rovnicí (2).

$$U_T = \frac{kT}{q}, \quad (2)$$

kde k je Boltzmanova konstanta ($k = 1,380662 \cdot 10^{-23}$), T je termodynamická teplota a q je náboj elektronu ($q = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$). Při teplotě $T = 300$ K má teoretické tepelné napětí U_T hodnotu 25,85 mV. Naměřené charakteristiky jsme aproximovali podle rovnice (1) a pro teplotu $T = 300$ K nám vyšlo tepelné napětí přibližně 74 mV.

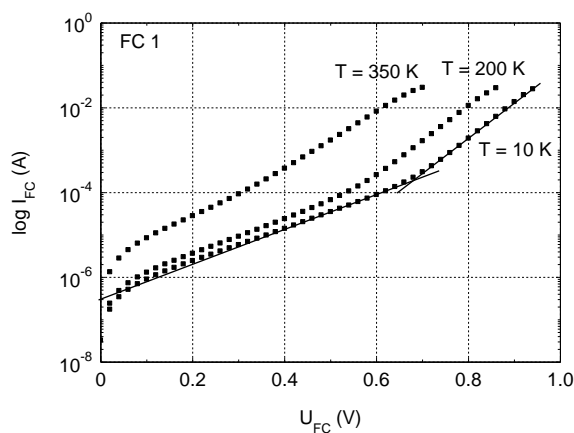


Obr. 3: VA charakteristika fotonvoltaického článku při teplotě $T = 300$ K.



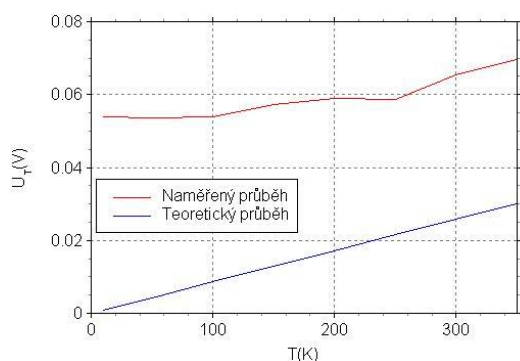
Obr. 4: VA charakteristika fotonvoltaického článku v propustném směru s porovnáním teoretických a reálných průběhů.

Na Obr. 5 je vidět teplotní závislost fotonvoltaického článku pro vybrané teploty $T = 350$, 200 a 10 K. Je vidět, že se vzrůstající teplotou narůstá propustný proud článku, který se chová jako klasická polovodičová dioda.

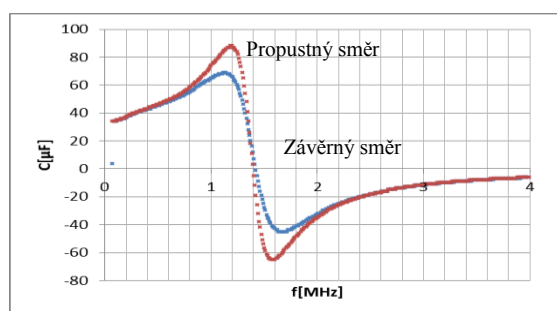


Obr. 5: VA charakteristika fotonvoltaického článku při teplotě $T = 300$, 200 a 10 K.

Na Obr. 6 jsou závislosti tepelného napětí U_T na teplotě. Výsledky jsou porovnány s teoretickým vypočteným průběhem podle rovnice (2) **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Z grafu je vidět, že tepelné napětí U_T je lineárně závislé na teplotě a odpovídá teoretickému předpokladu. V našem případě je tepelné napětí vyšší, což může být způsobené úbytkem napětí na kontaktech fotovoltaického článku.



Obr. 5: Porovnání teplotní závislosti naměřeného tepelného napětí U_T s teoretickou hodnotou.



Obr. 6: Frekvenční závislost kapacity PN přechodu solárního článku.

Při měření frekvenční závislosti kapacity solárního článku jsme naměřili hodnoty vynesené do grafu (obr. 6); jev záporné hodnoty bariérové kapacity vysvětluje práce [1].

3. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zjistit základní charakteristiky fotovoltaických článků. Naším dalším cílem je otestovat více vzorků a také rozšířit měření zejména o měření závislosti výstupního proudu v závislosti na vlnové délce (frekvenci) dopadajícího elektromagnetického záření, testování parametrů článků při práci v prostředí s vyšším atmosférickým tlakem. Při přípravě měření jsme se taky naučili ovládat potřebné přístroje a tvořit programy potřebné k jejich ovládní.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl na Ústavu fyziky FEKT VUT za podpory Operačních programů EU CZ.1.05/2.1.00/03.0072 „Centrum senzorických, informačních a komunikačních systémů“ (SIX) a OPVK CZ.1.07/2.2.00/15.0147 „Nanovědy pro elektroinženýry – inovace studijních programů“ (Nanovědy).

REFERENCE

- [1] Fathallah, Mohamed, et al.: Observation of negative capacitance in a-SiC:H/a-Si:H UV photodetectors, Solid-State Electronics, Volume 50, Issue 3, March 2006, Pages 367-371, ISSN 0038-1101, 10.1016/j.sse.2006.02.009. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038110106000530>)
- [2] Agilent 4285A Precision LCR Meter Operation Manual, Agilent technologies Ltd., Japan, 2001. (<http://www.mrtestequipment.com/getfile.php?s=Agilent+4285A+Precision+LCR+Meter+Operation+Manual.pdf>)