

# PROPRIEDADES DE TRANSPORTE DE CÉLULAS SOLARES ORGÂNICAS

*Helder Alexander Santos e Costa (bolsista do PIBIC/CNPq), A. A. Hidalgo (Orientador, Depto. de Física –UFPI), R. M. Ibiapina (mestrando), M. L. Vega, J. M. Guimarães Neto (colaborador)*

Palavras-chaves: Diodos orgânicos. Células solares. Junção de volume.

## **Introdução:**

Com a descoberta dos polímeros conjugados no final dos anos 70, desenvolveu-se um grande interesse na fabricação de dispositivos semicondutores orgânicos, devido ao seu uso prático que pode combinar propriedades elétricas típicas de materiais inorgânicos com certas características plásticas, como flexibilidade e transparência óptica. Entre outras propriedades práticas podemos citar baixo custo de produção e fácil processamento, sendo assim o motivo de grande atividade de pesquisa na área de eletrônica orgânica. Tais características permitem aplicações inusitadas na eletrônica, dentre elas, OLED's, transistores, diodos, laser, fotodiodos, células solares e memórias. O rápido avanço nesta nova linha de pesquisa possibilita a produção em larga escala de alguns destes dispositivos, tornando-os comerciáveis.

Este trabalho consiste no estudo de transporte de dispositivos para células solares orgânica a base de MEH-PPV com óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e a base de MEH-PPV com Porphirina (ZnTPP). Estas misturas formam uma junção PN em que a camada de MEH-PPV é caracterizada pelo transporte de elétrons e a camada de  $\text{TiO}_2$  é caracterizada pelo transporte de buracos, logo a dissociação do éxciton ocorre na interface MEH-PPV/ $\text{TiO}_2$  [1]. Agora o MEH-PPV com ZnTPP formam uma heterojunção volumétrica, onde a dissociação do éxciton ocorre na interface de nível molecular. Estudamos também abordagem teórica do funcionamento de uma célula solar orgânica, onde propomos um circuito equivalente para uma possível descrição do funcionamento dos dispositivos, e determinamos os parâmetros que caracterizam o funcionamento destas células solares orgânicas.

## **Metodologia:**

Prepararam-se soluções de MEH-PPV e  $\text{TiO}_2$  utilizando os respectivos solventes clorobenzeno e água de MilliQ. Foram dissolvidos 8 mg de MEH-PPV em 1 ml de clorobenzeno resultando numa concentração de 8 mg/ml, para o  $\text{TiO}_2$  foram dissolvidos 10,5 mg em 2 ml de água de MilliQ resultando numa concentração de 5,25 mg/ml. O filme  $\text{TiO}_2$  foi obtido utilizando a técnica casting, com o auxílio de uma estufa para ajudar na evaporação da água a uma temperatura aproximada de 70 °C com duração aproximada de duas horas. Já o filme de MEH-PPV foi obtido depositando a solução sobre o filme de  $\text{TiO}_2$  e com a utilização da técnica spin coating a uma rotação de 1000 rpm. Foi também preparado uma solução de ZnTPP com concentração de 8 mg/ml, com a utilização do solvente clorobenzeno. Depois de 24 horas de feitas foi feita uma solução com a mistura volumétrica de MEH-PPV com ZnTPP na razão de 1:1, e o filme da junção volumétrica de MEH-PPV com ZnTPP foi feito utilizando a técnica

casting e colocado dentro de uma estufa a vácuo entorno de 12 horas, para facilitar o processo de secagem.

## Resultados e discussão:

Nesta seção apresentaremos medidas elétricas das células solares orgânicas MEH-PPV/TiO<sub>2</sub> e MEH-PPV/ZnTPP e a determinação de alguns parâmetros destes dispositivos.

Foram obtidas as curvas de I-V dos dispositivos ITO/TiO<sub>2</sub>/MEH-PPV/Al e ITO/ZnTPP/MEH-PPV/Al, sendo que o ITO foi polarizado positivamente em ambas as células solares figura 1.

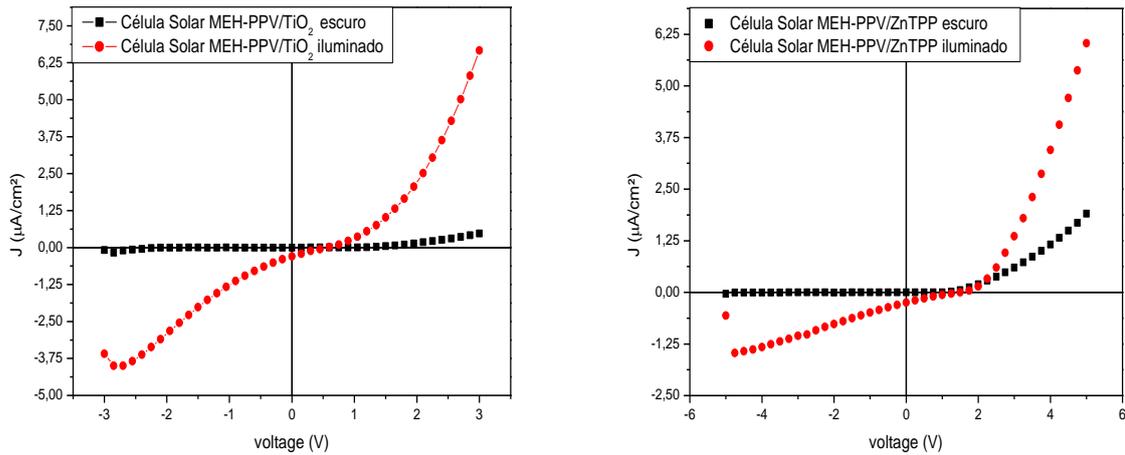


Figura 1. Gráfico da densidade de corrente versus tensão da célula solar orgânica ITO/TiO<sub>2</sub>/MEH-PPV/Al (esquerda) e da célula solar orgânica ITO/ZnTPP/MEH-PPV/Al (Direita).

Pela curva de I-V do dispositivo ITO/TiO<sub>2</sub>/MEH-PPV/Al obtemos uma célula solar com voltagem de circuito aberto  $V_{ac}$  entorno de 0,55 V e uma densidade de corrente de curto circuito  $J_{cc}$  entorno de 28,00  $\mu A/cm^2$ . Para o dispositivo ITO/ZnTPP/MEH-PPV/Al obtemos uma célula solar com voltagem de circuito aberto  $V_{ac}$  entorno de 0,90 V e uma densidade de corrente de curto circuito  $J_{cc}$  entorno de 0,25  $\mu A/cm^2$ .

As resistências foram calculadas pelas curvas da corrente versus tensão iluminada com o uso das seguintes equações:

$$\frac{\partial V}{\partial J} \Big|_{J=0} \approx R_s \text{ e } \frac{\partial V}{\partial J} \Big|_{V=0} \approx R_p$$

Para a Célula Solar MEH-PPV/TiO<sub>2</sub> obtemos  $R_s \approx 11,81 \text{ K}\Omega/cm^2$  e  $R_p \approx 10,15 \text{ K}\Omega/cm^2$ , Já para a Célula Solar MEH-PPV/ZnTPP obtemos  $R_s \approx 17,16 \text{ K}\Omega/cm^2$  e  $R_p \approx 26,67 \text{ K}\Omega/cm^2$ .

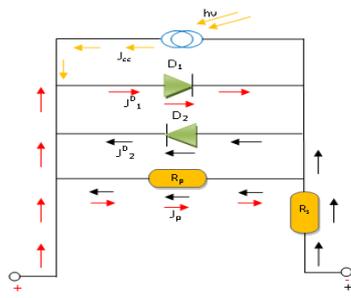


Figura 2. Ilustração do circuito equivalente.

Equação do circuito equivalente:

$$J = J' \cdot \left\{ \exp \left[ \frac{eV}{k_B T} \right] - 1 \right\} - J'' \cdot \left\{ \exp \left[ - \frac{eV}{k_B T} \right] - 1 \right\} + \frac{V_g}{R_p} - J_{cc}$$

Para o ajuste da curva I VS V utilizamos a equação do circuito equivalente para uma célula solar com duplo sentido de condução.

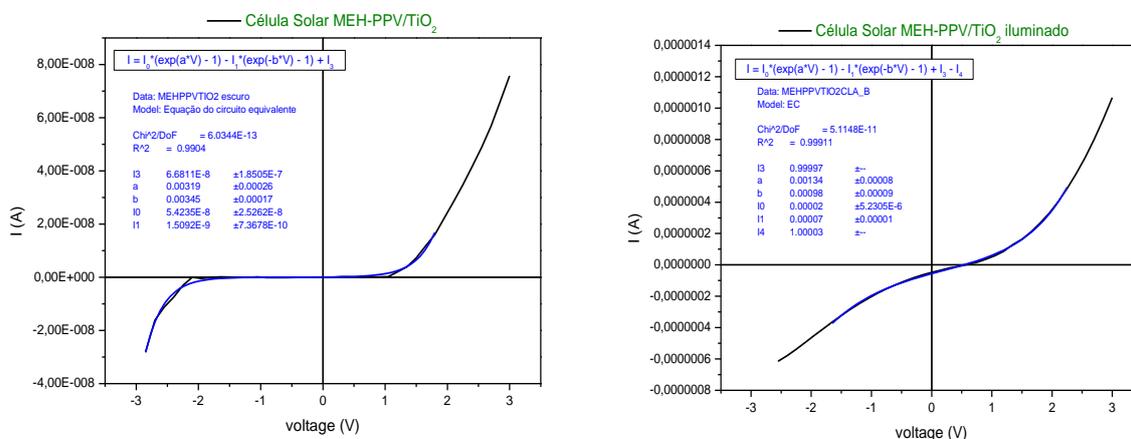


Figura 3. Gráfico do ajuste de curva de corrente versus tensão de uma célula solar MEH-PPV/TiO<sub>2</sub> no escuro (esquerdo) e sob iluminação (direito).

Para o cálculo do fator de preenchimento utilizamos a seguinte equação:

$$FF = \frac{A_2}{A_1} = \frac{V_{max} * I_{max}}{V_{oc} * I_{cc}}$$

Onde obtemos para o dispositivo MEH-PPV/TiO<sub>2</sub> 0,19 e para o dispositivo MEH-PPV/ZnTPP 0,21.

### Conclusão:

Obtivemos um dispositivo célula solar orgânica a base de MEH-PPV/TiO<sub>2</sub> com uma densidade de corrente curto circuito ( $J_{cc}$ ) entorno de 28,00  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , uma voltagem de circuito aberto ( $V_{ac}$ ) entorno de 0,55 V, uma resistência em série ( $R_s$ ) de 11,81  $\text{K}\Omega/\text{cm}^2$ , uma resistência em paralelo ( $R_p$ ) de 10,15  $\text{K}\Omega/\text{cm}^2$ , um fator de preenchimento de 0,19 e uma espessura ( $d$ ) estimada de 191  $\mu\text{m}$ , e um dispositivo célula solar orgânica a base MEH-PPV/ZnTPP com uma densidade de corrente curto circuito entorno de 0,25  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , uma voltagem de circuito aberto entorno de 0,90 V, uma resistência em série de 17,16  $\text{K}\Omega/\text{cm}^2$ , uma resistência em paralelo de 26,67  $\text{K}\Omega/\text{cm}^2$ , um fator de preenchimento de 0,21 e uma espessura estimada de 396  $\mu\text{m}$ . Assim a dição dos compostos TiO<sub>2</sub> ou ZnTPP fez aumentar o fator de preenchimento.

Estes dados mostram células solares bastantes resistivas, no entanto suas resistências em paralelo apresentam valores acima do ideal resultando numa voltagem de circuito aberto ( $V_{ac}$ ) considerável, e que podemos aproximar uma heterojunção volumétrica em uma junção PN dos semicondutores inorgânicos. Com o circuito equivalente para células solares com duplo sentido de condução pelo qual propomos, podemos descrever do ponto de vista macroscópico o funcionamento dos dispositivos.

**Agradecimentos:** INEO, CAPES, UFPI, CNPq, FINEP, FAPEPI

**Referências:** [1] A.J.Breeze,Z.Schlesinger, S.A.Carter, P.J.Brock. PHYSICAL REVIEW B, VOLUME 64,125205.