

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE CÉLULAS SOLARES IMPLEMENTADAS EM TECNOLOGIA SOI

Jefferson Henrique Silva Marcon¹, Michelly de Souza
Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI
Jeffersonhsilva.jh@gmail.com, michelly@fei.edu.br

Resumo: Os diodos PIN ao serem fabricados no substrato de lâminas de uma tecnologia SOI (Silicon-On-Insulator), tem a possibilidade de operar como célula solar, transformando energia solar em elétrica e provendo energia suficiente para circuitos na parte ativa da lâmina. Neste trabalho é feito um estudo, através de simulação numérica, do desempenho elétrico de células solares em substrato SOI, variando as dimensões dos diodos PIN. O efeito da temperatura também foi verificado.

1. Introdução

Diodos de Junção PN são um dos mais simples componentes semicondutores e possuem inúmeras aplicações, sendo eles na parte de optoeletrônica cada vez mais comum, onde são utilizados como junções PN polarizadas reversamente [1].

Nesta condição, os diodos PN apresentam características de corrente-tensão independente do potencial aplicado, mas proporcional à potência luminosa incidente no dispositivo, deste modo, convertendo sinais ópticos variáveis no tempo em sinais elétricos. Para a aplicação como células solares, é necessário que o diodo seja polarizado no quarto quadrante da curva I-V [1], onde a tensão é positiva e a corrente é negativa, resultando em uma potência negativa, onde o dispositivo gerará energia ao invés de consumir.

Em diodos de junção PN, sob incidência direta de luz, nota-se um efeito chamado geração óptica, os portadores minoritários fotogerados se difundem de uma região a outra, criando um incremento de corrente elétrica. No intervalo entre zero e o potencial de condução do diodo, a potência gerada pela luz incidente é maior que a potência consumida pelo dispositivo [1].

A geração de portadores causada pela incidência de luz ocorre, principalmente, no interior da região de depleção da junção PN. Para maximizar a essa geração é interessante que a largura da região de depleção seja suficientemente grande.

Para um melhor controle dessa região de depleção é aconselhável a utilização de diodos PIN. Estes diodos se assemelham à diodos de junção PN, porém possuem uma região intrínseca, de baixa dopagem ($\sim 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$), de comprimento L_i , que separa as regiões de difusão P+ e N+.

A versatilidade proporcionada pela adoção da lâmina SOI permite a integração de sensores e circuitos em uma mesma área de silício. Com o objetivo de integrar células solares em circuitos SOI, diodos PIN são implementados no substrato de silício abaixo do óxido enterrado [2]. O perfil transversal esquemático dessas células é apresentado na Fig.1.

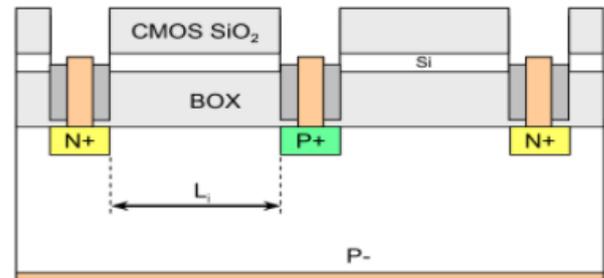


Figura 1 – Representação esquemática de células solares implementadas no substrato na lâmina SOI [3].

2. Simulações Numéricas

Simulações numéricas bidimensionais de diodos PIN foram realizadas com diferentes condições de temperaturas e geométricas utilizando o simulador DeckBuild, da Silvaco [4].

Para estas simulações foram usados os parâmetros tecnológicos da tecnologia FD SOI da Université catholique de Louvain (Bélgica) [5], que apresenta as seguintes características: espessura de camada de Si, óxido de porta e óxido enterrado de 80 nm, 31 nm e 390 nm respectivamente. O comprimento das difusões P e N é de 5 μm e as concentrações de dopantes nas regiões N e P são de 4×10^{20} e $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, respectivamente.

As simulações foram realizadas com temperatura constante de 300K e variação no comprimento da região intrínseca (L_i) de 2, 4, 6, 8, 10 e 12 μm . Posteriormente foram feitas simulações em diferentes temperaturas, entre 100K a 500K e com L_i de 8 μm , para analisar o efeito de temperatura sobre a potência gerada pelo diodo PIN.

3. Resultados e Discussão

O efeito de geração óptica na região de depleção do diodo PIN pode ser observada na curva da corrente em função da tensão ($I \times V$) apresentada na Fig.2, para diferentes comprimentos L_i . Pode-se notar que o aumento no comprimento da região intrínseca resulta em um aumento na corrente elétrica (em módulo). Este aumento da corrente fotogerada deve-se ao aumento da área fotossensível, aumentando a quantidade de fótons absorvidos.

Na Fig. 3 são apresentadas as curvas potência em função da tensão, obtidas a partir dos dados da Fig. 2. Nota-se que há um aumento da potência gerada pelo diodo PIN com o aumento de L_i , atingindo seu valor máximo (P_{MAX}) entre 0,3V e 0,4V.

A partir destas curvas foram extraídos parâmetros importantes para qualificar células solares, tais como a corrente de curto-circuito (I_{SC}), a tensão de circuito

aberto (V_{OC}) e o fator de preenchimento (FF), dado por

$$FF = \frac{P_{MAX}}{I_{SC} \times V_{OC}} \quad (1)$$

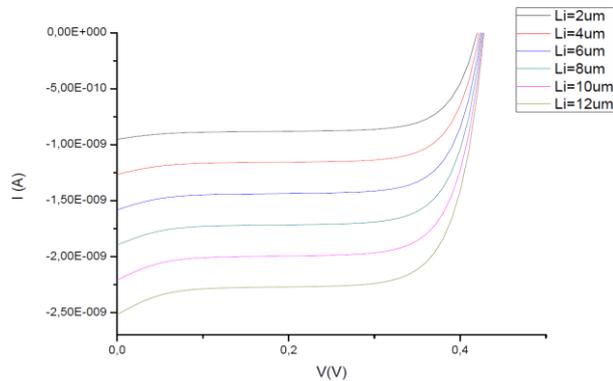


Figura 2 – Curva de corrente-tensão para diferentes valores de L_i .

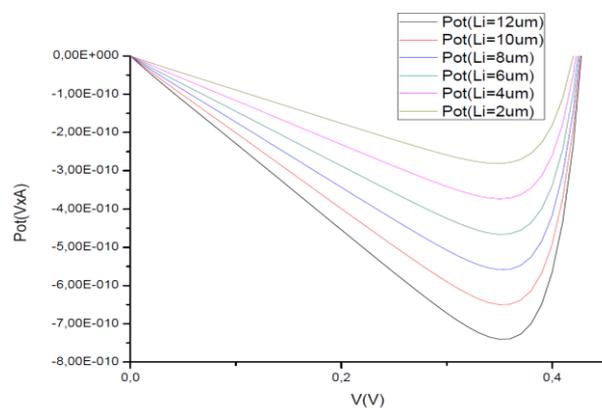


Figura 3 – Curva de potência em função da tensão para diferentes valores de L_i .

Tabela I – Parâmetros extraídos das curvas I-V simuladas em função do comprimento intrínseco.

L_i [μm]	I_{sc} [A]	V_{oc} [V]	FF [%]
2	-9,51E-10	0,42	70,38%
4	-1,27E-09	0,42	70,28%
6	-1,58E-09	0,42	70,19%
8	-1,90E-09	0,42	70,12%
10	-2,21E-09	0,43	68,44%
12	-2,52E-09	0,43	68,39%

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela I. Pode-se notar que, o aumento de L_i tem uma relação direta no valor da corrente de curto circuito (I_{sc}), esse aumento de L_i , no entanto, gera uma diminuição na potência máxima em relação da potência ideal, como pode-se notar pelo FF.

A Fig. 4 apresenta a potência em função da tensão aplicada em diferentes temperaturas para o diodo com $L_i = 8 \mu\text{m}$. Nota-se que quanto maior o valor da temperatura, menor é o valor da potência gerada, devido à redução da mobilidade em altas temperaturas e aumento da taxa de recombinação [3]. Os parâmetros extraídos em função da temperatura são apresentados na Tabela II. Nota-se que a diminuição da temperatura

resulta no aumento do Fator de Forma, significando uma potência máxima próxima da potência ideal.

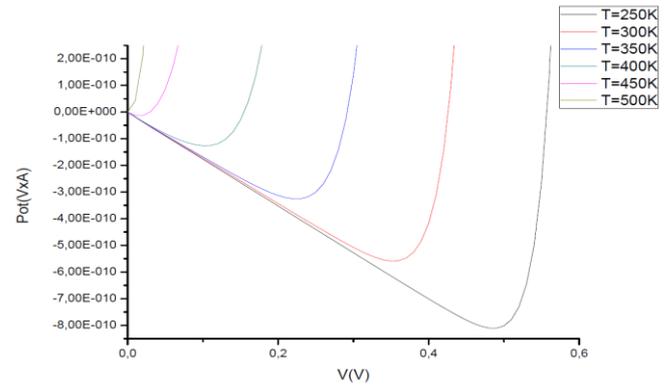


Figura 4 – Curva de potência para diferentes valores de Temperatura.

Tabela II – Parâmetros extraídos das curvas I-V simuladas em função da temperatura.

T [K]	I_{sc} [A]	V_{oc} [V]	FF [%]
250	-1,94E-09	0,56	74,77%
300	-1,90E-09	0,42	70,12%
350	-1,86E-09	0,30	58,34%
400	-1,82E-09	0,15	46,18%
450	-1,73E-09	0,03	25,43%
500	-1,45E-09	0,01	0,00%

4. Conclusões

Neste trabalho foi avaliada a influência do comprimento intrínseco e da temperatura sobre as características elétricas de células solares implementadas em substratos de lâminas SOI através de simulações numéricas. Foi observado que o aumento de L_i ocasiona um melhor rendimento. O aumento da temperatura prejudica o funcionamento das células solares.

5. Referências

- [1] Sedra Smith, Microeletrônica 5ª edição, pg 123-131 2007.
- [2] O. Bulteel et al. Proc. of IEEE Int. SOI Conf., 2009.
- [3] M. Souza et. Al., IEEE Int. SOI Conf, 2010.
- [4] DeckBuild User's Manual. Silvaco International: Santa Clara, 2015.
- [5] D. Flandre, et al. Solid-State Electronics, 45, p. 451, 2001.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 12/19 a 11/20.