

# CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE FOTODIODOS PIN MULTIFINGER

Gustavo Dick de Castro<sup>1</sup>, Carla Dick de Castro Pinho Novo<sup>2</sup>, Renato Camargo Giacomini<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departamento de Engenharia Elétrica, FEI  
dickcastro71@outlook.com / renato@fei.edu.br

**Resumo:** A caracterização elétrica de um fotodiodo deve ser feita ao analisar certas figuras de mérito, tais quais são, o nível de corrente e sua relação sinal ruído. Portanto, serão apresentados gráficos que mostram estas figuras de mérito, levando em conta que são dois diodos com o comprimento da região intrínseca ( $L_i$ ) e o número de *fingers* ( $\eta$ ) variados. Assim, foi concluído que para o melhor aproveitamento de fótons com um comprimento de onda ( $\lambda$ ) baixo, um maior  $L_i$  é mais indicado, e para fótons com maior  $\lambda$ , um maior  $\eta$  é mais indicado.

## 1. Introdução

Materiais semicondutores, como o Silício, possuem certa característica de geração de portadores devido a incidência de energia eletromagnética, os quais geram uma corrente de fuga num diodo, por exemplo, que é o que chamamos de corrente reversa. Esta corrente pode ser gerada termicamente, como é o mais comum, ou pela incidência de luz visível. [1][2]

Assim sendo, um diodo pode ser um bom candidato a um sensor de luz, devido a esta geração, mas, como esta geração é muito baixa, devemos utilizá-lo em polarização reversa para uma leitura mais precisa, assim, a geração de portadores sem qualquer incidência de luz é considerada ruído e chamada de corrente de escuro ( $I_{dark}$ ). [1][2][4]

A geração destes portadores deve ser feita na região de depleção do diodo (RDD), já que é nela que existe a menor probabilidade de recombinação. Então, é necessário que esta RDD seja a maior possível para o melhor aproveitamento dos fótons, mas não pode ser tão grande para que o ruído seja baixo, dependerá da aplicação deste sensor. Para o controle do tamanho da RDD, adiciona-se um material intrínseco (com a menor quantidade de agentes dopantes possível) entre os materiais P e N do diodo, formando assim um diodo PIN, já que quanto menor é a dopagem do material, maior é a RDD. [3][4]

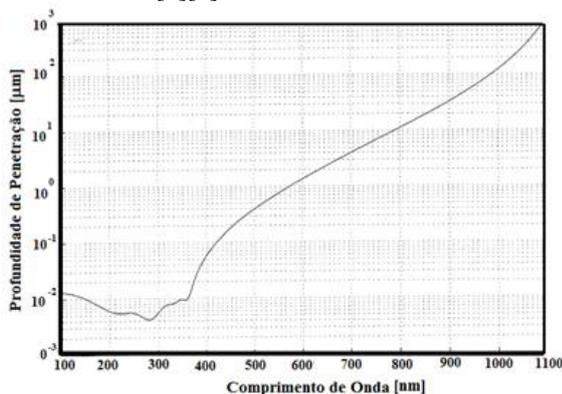


Figura 1 – Gráfico da profundidade de penetração do fóton pelo seu comprimento de onda. [5]

A figura 1 apresenta a profundidade de penetração do fóton em função do  $\lambda$ , fator importante pois é nessa profundidade que o fóton irá gerar os portadores.

## 2. Metodologia

Foram utilizados dois dispositivos, nos quais o comprimento da região intrínseca e o número de *fingers* ( $\eta$ ) são variados, a tabela 1 apresenta as dimensões dos dois diodos utilizados nos experimentos.

Tabela I – Formato da página.

	$L_i$ ( $\mu\text{m}$ )	$L_p$ ( $\mu\text{m}$ )	$L_n$ ( $\mu\text{m}$ )	$W$ ( $\mu\text{m}$ )	$\eta$
PIN-D	0,3	3	3	270	84
PIN-U	1	3	3	270	69

Onde,  $L_p$  é o comprimento da região P,  $L_n$  o comprimento da região N e  $W$  é a largura do diodo. Assim, o comprimento total do PIN-D e PIN-U são, respectivamente, 529,2 e 483  $\mu\text{m}$ .

A figura 2, apresenta uma representação fora de escala de uma vista de corte lateral dos diodos, apresentando o conceito de região de depleção lateral (LDR) e vertical (VDR).

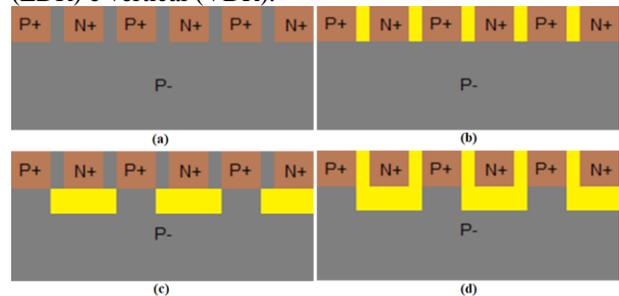


Figura 2 – a) Vista lateral do diodo PIN; b) Vista lateral com LDR; c) Vista lateral com VDR; d) Vista lateral com ambas as RDD's.

As medições experimentais foram realizadas utilizando LED's de alto brilho, onde seus respectivos comprimentos de onda foram determinados pelo S2000 Miniature Fiber Optic da Ocean Optics Enterprise. E o ambiente em vácuo, no qual o chip foi medido teve a temperatura controlada pelo Temperature Variation System da MMR Technology, e as medições realizadas pelo analisador de parâmetro Agilent 4156C.

## 3. Resultados

### 3.1. Corrente Fotogerada

A figura 3 apresenta o gráfico da corrente disponível (soma da corrente fotogerada e da corrente de escuro) no dispositivo em função da tensão aplicada nos terminais do mesmo, onde os símbolos cheios são os níveis de corrente medidos do PIN-D, e os símbolos vazios medidos do PIN-U, os comprimentos de onda de

cada curva estão sendo mostrados na própria figura. Os quadrados pretos são a corrente de escuro.

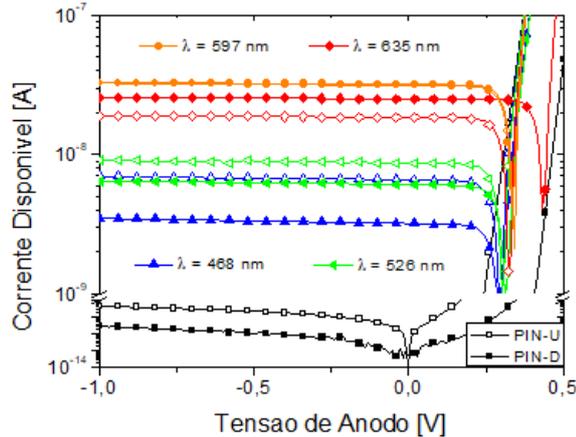


Figura 3 – Gráfico da corrente disponível no diodo pela sua tensão de anodo.

Podemos observar na figura 3 que, para  $\lambda$  baixos, como nas cores azul (triângulos para cima) e verde (triângulos para a esquerda), o PIN-U apresenta um maior nível de corrente, isto se deve as profundidades de penetração, já que estes fótons são absorvidos superficialmente no dispositivo, mais especificamente na altura da LDR, portanto, um diodo com uma maior Li apresenta maior absorção destes fótons.

Já as cores vermelho (losangos) e amarelo (círculos), o diodo que apresentou um maior aproveitamento foi o PIN-D, já que a profundidade de penetração destes fótons é maior, eles são absorvidos na VDR, portanto, um diodo com um maior  $\eta$ , que apresenta um maior volume total de VDR, se apresenta mais efetivo, mas se esta profundidade ultrapassar a VDR em sua totalidade, a eficiência do dispositivo cai drasticamente, como visto na cor vermelha, que deveria estar acima da cor amarela na figura 3, considerando o aumento do nível de corrente diretamente proporcional ao  $\lambda$ , como notado com as cores azul e verde.

A figura 4, apresenta a corrente no dispositivo quando irradiada luz ultravioleta (U.V.). Podemos observar que, existe um leve aumento na corrente quando aumentamos a tensão do diodo, isto se deve ao aumento gradativo da LDR com o aumento da tensão.

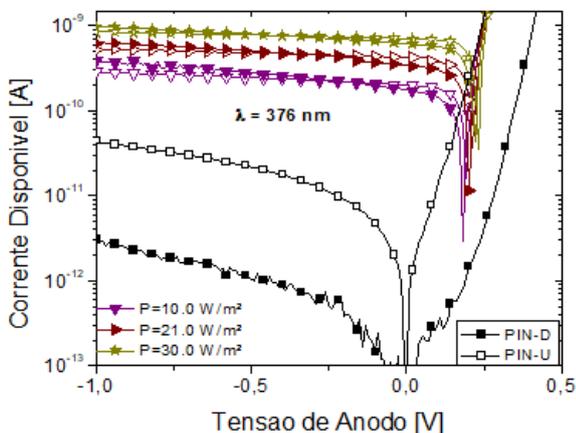


Figura 4 – Corrente gerada por luz U.V. pela tensão.

### 3.2. Relação Sinal-Ruído

Uma das figuras de mérito a ser mencionada é a relação sinal ruído, que expressa a razão do sinal útil (fotogerada) pelo ruído, ou seja, quanto maior for a relação sinal-ruído, melhor é o dispositivo, como mostrado na figura 5.

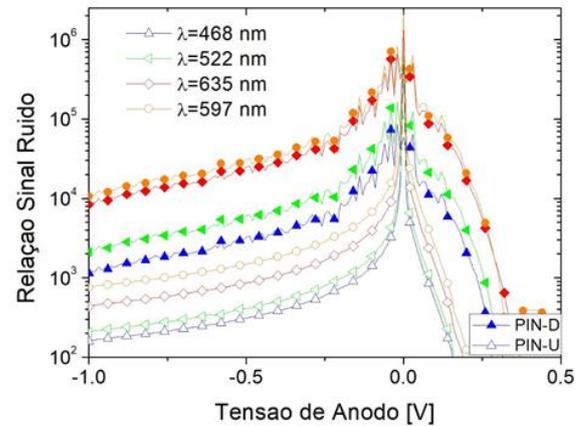


Figura 5 – Relação sinal-ruído pela tensão.

Podemos observar que a relação sinal ruído do PIN-D é sempre maior do que a do PIN-U, independente do  $\lambda$ , isto se deve à corrente de escuro do PIN-U ser maior que a do PIN-D.

### 4. Conclusões

A partir dos resultados, é possível afirmar que, para baixos  $\lambda$  um diodo com um maior Li é mais indicado como sensor de luz, e para maiores  $\lambda$  um diodo com um maior  $\eta$ , é mais indicado, desde que os fótons não ultrapassem a VRD. Também é possível concluir que quanto menor o Li do diodo, menor é sua  $I_{\text{dark}}$ , e consequentemente, maior é sua relação sinal-ruído.

### 5. Referências

- [1]. C. Novo, "Design and characterization of lateral PIN diodes topologies, features and proposal of a new configuration", Centro Universitário FEI, 2017, pp. 35-41.
- [2]. J.P. Colinge, C.A. Colinge, "Physics of Semiconductor Devices", Massachusetts: Kluwer Academic, 2002.
- [3]. S.M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices", John Wiley and Sons, New York:1981, pg. 743-760.
- [4]. A. Afzalian, D. Flandre, "Physical modeling and Design of ThinFilm SOI Lateral p-i-n Photodiodes". IEEE Trans. On Electron Devices, v. 52, n. 6ª edição, 2005, pp. 1116-1122.
- [5]. C.S. Júnior, S. Sasson, P.S.B. Sanches, "Science Understanding Nature", São Paulo: Saraiva S A, 2009.

### Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pela disponibilização dos equipamentos utilizados, e também a Namitec, MOSIS e CNPq.

<sup>1</sup> 11.216.081-7. Aluno de IC do Centro Universitário FEI (bolsa PBIC-FEI). Projeto com vigência de 09/17 a 08/18.