

# CARACTERIZAÇÃO DE FOTODIODOS MULTIFINGER COMO DOSÍMETRO DE RAIOS X

Gustavo Dick de Castro<sup>1</sup>, Rudolf Theoderich Buhler<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:** Este projeto tem como objetivo a avaliação de diodos PIN *multifinger* como dosímetro de raios X, para tal, foi analisado a corrente disponível no dispositivo após um período de irradiação, assim obtendo um parâmetro de medição, além da corrente, foi analisado o tempo de retorno do dispositivo para sua condição inicial em temperatura, o tempo de *Annealing*, e os possíveis danos no mesmo provenientes desta irradiação.

## 1. Introdução

Materiais semicondutores tem a capacidade de absorver radiação eletromagnética, como a luz visível ou fluxo energia térmica, e assim gerar pares elétron-lacuna em sua estrutura, assim podendo, ou não, aumentar ou diminuir a corrente elétrica que possivelmente esteja o percorrendo, assim é possível utilizar um diodo, que consiste na junção de materiais semicondutores dopados com impurezas do tipo P e N, como um dosímetro, ou um sensor, de raios X, já que a mesma consiste na emissão e absorção de ondas eletromagnéticas. [1][2][3]

Para que a sensibilidade do dispositivo seja maior, foi adicionado uma região de material intrínseco entre as regiões P e N, assim é possível ter um certo controle do tamanho da região de depleção (RDD) do dispositivo já a região intrínseca estará totalmente depletada, e é nesta região de depleção que está a maior taxa de geração de corrente, já que devido ao campo elétrico, os pares elétron-lacuna gerados nela terão uma baixa probabilidade de se recombinarem. [1]

Para que se possa observar melhor uma diferença na corrente disponível, o dispositivo será utilizado na configuração inversa, portanto, a corrente observada será a corrente de polarização reversa do diodo, que se encontra na faixa do pico ampere. [1]

Além do tempo de *Annealing*, é necessário observar a influência dos problemas causados pela radiação no dispositivo, como por exemplo, a geração de cargas armadilhadas na interface de óxido que cobre o dispositivo. Também será estudada a influência do número de *fingers* e do tamanho da região intrínseca no comportamento da corrente do dispositivo. A temperatura também causa geração de pares elétron-lacuna, o que neste caso se torna um ruído, já que queremos observar somente a corrente gerada pela radiação, assim é necessário analisar também a sua influência, para que não haja nenhum erro nas medições. [4][5]

## 2. Metodologia

Como um dos objetivos desde projeto é determinar a influência do tamanho da região intrínseca ( $L_i$ ) e do

número de *fingers* ( $\eta$ ) no comportamento do dispositivo como um dosímetro de raio X, foram utilizados dois diodos com diferentes  $\eta$  e  $L_i$ , seus respectivos valores estão apresentados pela Tabela I.

Tabela I – Formato da página.

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

Para ambos os diodos o tamanho das regiões P e N ambas valem 3  $\mu\text{m}$ , e o comprimento do dispositivo 270  $\mu\text{m}$ .

A construção do dispositivo está sendo apresentada pela figura 1, que apresenta uma vista em corte, onde podemos observar a disposição de regiões intrínsecas, P e N.

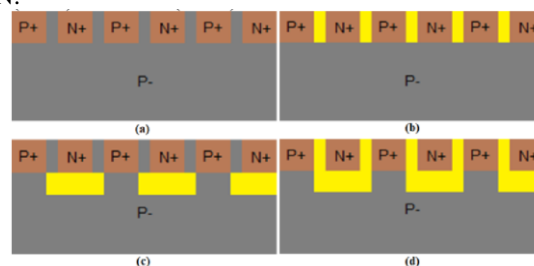


Figura 1 – a) Vista lateral do diodo PIN; b) Vista lateral com a LDR; c) Vista lateral com a VDR; d) Vista lateral com ambas as RDDs.

Na figura 1 LDR é a RDD lateral, formada entre as regiões P e N, e VDR é a RDD vertical, formada devido a existência de uma região intrínseca logo abaixo das regiões P e N, assim devido ao campo elétrico, é formada uma RDD vertical.

Para as medições os diodos serão irradiados com uma tensão de um volt reverso em seus terminais, para que a RDD seja a maior possível, para que o maior número de pares elétron-lacuna sejam coletados pelos terminais dos dispositivo antes de serem recombinados.

As medições de *Annealing* foram feitas no “chip 00” após uma irradiação controlada, utilizando uma taxa de dose de 114 krad/h durante um tempo total de uma hora, assim resultando em um acúmulo total de 114krad. Esta irradiação foi feita pelo Difratometro Shimadzu XRD-6100, com o auxílio de um PXI na National Instruments, para a polarização dos diodos, devido a resolução do próprio PXI não ser grande o suficiente, as medições da corrente disponível no dispositivo não pode ser feita nele, assim foi utilizado o instrumento de medição Kheitley. Devido a necessidade desta alteração instrumentos de medição, não foi possível as medições durante a irradiação, além de existir um atraso entre o término da irradiação e a primeira medição, assim sendo

os dispositivos sofreram um curto tempo de *Annealing* antes da primeira medição.

### 3. Resultados

Antes de começar a irradiação é necessário o levantamento das curvas das correntes de escuro dos dispositivos utilizados, assim podendo ser observado o aumento na corrente devido à radiação, estas curvas das correntes de escuro estão apresentadas pela figura 2.

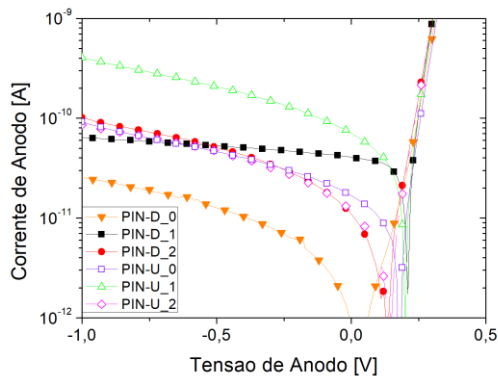


Figura 2 – Correntes de Escuro.

Com a corrente de escuro sendo conhecida, é possível a comparação entre a corrente antes da irradiação, com uma hora de *Annealing*, um dia de *Annealing* e com uma semana de *Annealing*, estas correntes estão apresentadas pela figura 3 para o PIN-D e pela figura 4 para o PIN-U.

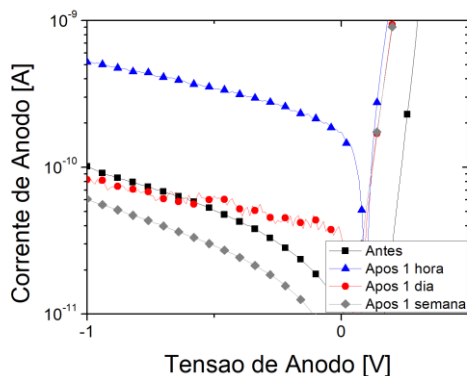


Figura 3 – Curvas de *Annealing* para o PIN-D.

Podemos observar que para apenas uma hora de *Annealing* houve um aumento de quatro vezes a corrente de escuro, representada pela curva azul, para um acúmulo total de 114 krad.

É notável também que o dispositivo não retornou para exatamente a mesma corrente de escuro após o *Annealing* isto se deve tanto à uma possível alteração na temperatura da sala quando foi realizada a medição, quanto à algumas cargas armadilhadas tanto na camada de óxido quanto nas junções das regiões do diodo.

Em comparação com o PIN-U, apresentado pela figura 4, o tempo de *Annealing* para o PIN-D é um pouco menor que um dia, já para o PIN-U um pouco mais que um dia, assim o PIN-D retorna ao seu estado “original” mais rápido que o PIN-U.

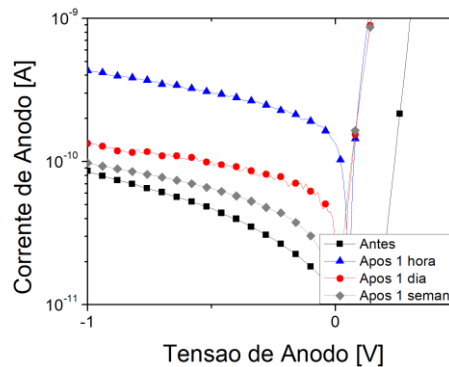


Figura 4 – Curvas de *Annealing* para o PIN-U.

A partir da figura 4, podemos observar que houve um aumento de três vezes a corrente de escuro para 114 krad de acúmulo, mas para este diodo, a corrente de escuro voltou para aproximadamente a mesma corrente de antes da irradiação.

### 4. Conclusões

A partir dos resultados apresentados, podemos observar que as correntes observadas para um acúmulo de 114 krad são muito baixas, assim podendo ser confundidas facilmente com um aumento da corrente gerada termicamente, ou seja, esta corrente proveniente da irradiação pode ser muito facilmente influenciada por ruídos.

Outro ponto observado é o tempo de *Annealing* em temperatura ambiente para um acúmulo de 114 krad, valendo para ambos os diodos aproximadamente um dia, onde ambos retornaram quase completamente para o nível de corrente de escuro antes da irradiação, a curva de uma semana após a irradiação mostra o estado dos diodos após a estabilização total dos mesmos.

### 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. 3541.
- [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]. AGUIAR, V. A. P. et al. Efeitos de radiação em dispositivos eletrônicos com feixes de íons pesados. Universidade de São Paulo: Instituto de Física. São Paulo. 2014.
- [5]. LUTZ, G. Semiconductor radiation detectors. Springer. 1999.

### Agradecimentos

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

1 11.216.081-7. Aluno de IC do Centro Universitário FEI (bolsa PBIC-FEI). Projeto com vigência de 11/18 a 10/19.