

ANÁLISE DA OPERAÇÃO DE FOTODIODOS PIN MULTIFINGER COMO DETECTORES DE RADIAÇÃO X

Antonio Aurélio de Sousa Gomes¹, Carla Dick de Castro Pinho Novo², Renato Camargo Giacomini³

1,2,3 Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

E-mail: antonio.aurelio06@gmail.com¹/renato@fei.edu.br³

Resumo: Dois fotodiodos PIN *multifinger* foram expostos a raios-x, e o comportamento desses dispositivos foram estudados como detectores desse tipo de radiação. Com isso, serão apresentados os níveis de corrente dos dispositivos antes e após a irradiação, além da análise do tempo de *annealing* deles em temperatura ambiente e a comparação entre os dispositivos, um com maior região intrínseca, e com maior tempo de *annealing* e outro com um maior número de *fingers* (dedos), tendo menos tempo de *annealing*.

1. Introdução

Existem materiais semicondutores como o silício que possuem algumas propriedades que podem torna-los bons candidatos a serem utilizados como sensor de radiação eletromagnética. A alta probabilidade de um elétron que está na camada de valência saltar para a camada de condução deixando uma lacuna onde ele estava, é alta. Sendo assim, quando elétrons absorvem um nível específico de energia, fornecida pela absorção de algum tipo de radiação, o material semicondutor pode ter o seu nível de corrente medido logo após a exposição [1] [2] [3].

Na radiação do espectro visível os fótons, em um diodo, são esperados a serem absorvidos na região de depleção (RDD), pois esta região apresenta um menor nível de recombinação. Além disso, o tamanho da RDD pode ser aumentado, diminuindo sua concentração de dopantes. E por isso que é interessante incluir uma região intrínseca (com baixa concentração de dopantes) entre as regiões P e N, resultando em um dispositivo chamado diodo PIN. No entanto, outra forma de gerar um par elétron-lacuna é pela absorção de energia térmica, que consiste quando um elétron absorve a energia existente num fônon. Esta energia também é convertida em corrente, assim como na absorção de luz. E por isso, que o sinal de corrente termogerado e o fotogerado podem ser considerados como um tipo de ruído, pois são correntes indesejadas para um detector de raios-x. Considerando isso, o tamanho da região intrínseca não pode ser muito grande, para não absorver tanta energia térmica e também não pode haver luz durante as medições de radiação [2] [3] [4].

Além disso, outro problema enfrentado neste dispositivo é o reconhecimento de sinal gerado da absorção da radiação. Devido à pequena quantidade de corrente gerada por ela, o diodo precisa estar polarizado reversamente, para que possamos distinguir mais facilmente entre a corrente gerada termicamente e a provinda da radiação. [2] [3] [4].

O dispositivo quando exposto a raios-x tem seu corpo atravessado por essa radiação, pois como o volume ocupado pela radiação é muito pequeno, por ser

uma onda eletromagnética, não há uma profundidade específica de absorção de cargas [2] [3] [4].

2. Metodologia

Os dispositivos utilizados consistem em dois diodos PIN *multifingers*, onde cada *finger* consiste em uma região altamente dopada e uma região fracamente dopada, um deles com uma região intrínseca menor e um maior número de dedos (PIN-D), e o outro com uma região intrínseca maior e um número menor de dedos (PIN-U). Tabela 1 apresenta as dimensões dos dispositivos. Os diodos foram produzidos pelo grupo de pesquisa do projeto MOSIS usando a tecnologia IBM de 0,3 μm , pelo laboratório IMEC localizado na Bélgica.

TABELA 1: Dimensões de cada parte dos dispositivos.

	R_i (μm)	R_P (μm)	R_N (μm)	W (μm)	<i>Fingers</i>
PIN-D	0,3	3	3	270	84
PIN-U	1	3	3	270	69

Sendo que R_i é o comprimento da região intrínseca, R_P é o comprimento de região dopada positivamente (região com material P), R_N é o comprimento de região negativamente dopada (região com material N), W é a largura do dispositivo.

Na figura 1 temos a imagem dos diodos PIN dentro do chip encapsulado do IMEC.

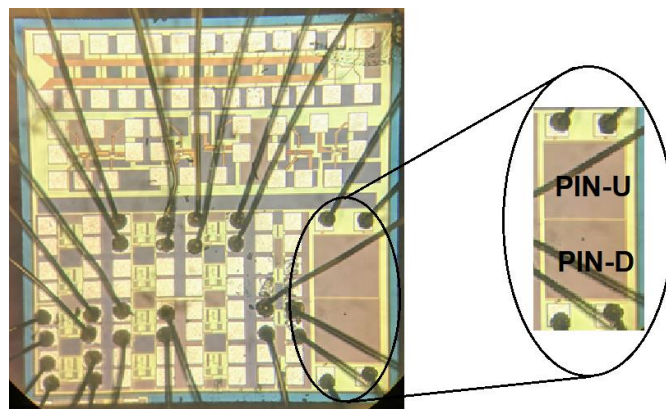


Figura 1 – Chip IMEC encapsulado com os diodos PIN.

Para uma melhor compreensão do dispositivo, na figura 2 estão representadas as regiões de depleção que são chamadas de região de depleção vertical (RDDV) e região de depleção lateral (RDDL).

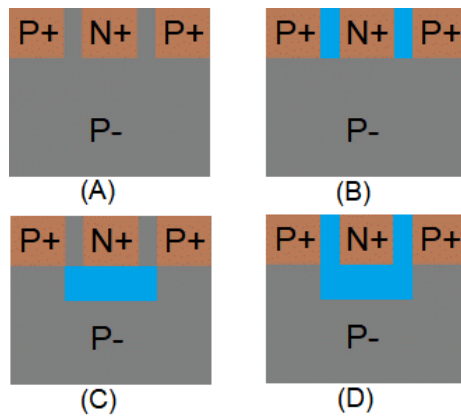


Figura 2 – A) diodo com dois dedos por uma visão lateral. B) Visão lateral das RDDDL's. C) Visão lateral das RDDV's. D) RDDV's e RDDDL's do diodo.

3. Resultados

Os dados foram coletados da seguinte maneira, os dispositivos foram expostos a raios-x durante uma hora, com uma taxa de dose de 114 krad/hora, no escuro e com uma temperatura ambiente de 23°C.

Para a irradiação de raios-x foi utilizado o *Difratometro Shimadzu XRD-6100* e para a medição do efeito da radiação no dispositivo algum tempo após a exposição foi utilizado o *Keithley 4200-scs semiconductor characterization system*, pois como as correntes providas da exposição do dispositivo a radiação são muito pequenas, precisou-se de um equipamento com uma alta precisão, na ordem de pico Amperes (pA).

3.1. Annealing

Para a análise desses dispositivos após a exposição a raios-x, foi estudado o *annealing* dos PIN's, ou seja, analisar o comportamento dos diodos de acordo com o passar do tempo, para verificar se os dispositivos retornam as condições originais ou próximo, assim observando o comportamento da corrente reversa no dispositivo. Antes da exposição foi realizada uma medição de corrente reversa no dispositivo e após isso, foram tiradas diversas medidas para essa análise como uma hora (1h) após a exposição, um dia (1d) e uma semana (1s).

Os PIN's D e U estão representados respectivamente nas figuras 3 e 4.

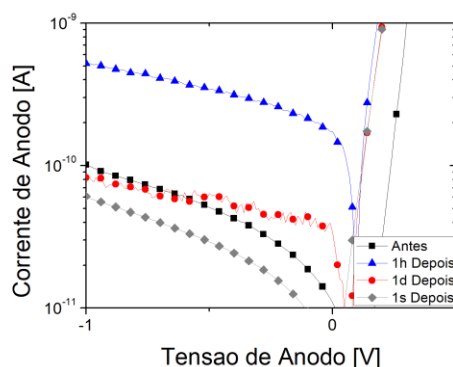


Figura 3 – Análise nível de corrente do PIN-D.

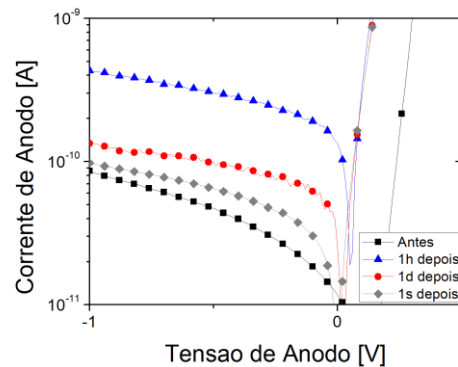


Figura 4 – Análise nível de corrente do PIN-U.

Com esses dados pode-se notar que em ambos os dispositivos têm uma corrente elevada em exatamente uma hora após dos diodos receberem os raios-x, e após isso a corrente foi decaindo com o passar do tempo.

A diferença entre um dispositivo e outro foi que com um dia após a irradiação, o PIN-D praticamente retornou com o nível de corrente de antes da irradiação, mas já o PIN-U ainda tinha uma corrente elevada e essa corrente se manteve com um valor maior do que o valor de antes da experiência, mesmo depois de passada uma semana.

4. Conclusões

Podemos notar que o PIN-U conserva as cargas providas da radiação x por mais tempo que o PIN-D, isso pode-se dar por ele possuir regiões intrínsecas (R_i) maiores do que o outro dispositivo, mesmo o PIN-D possuindo mais *fingers* que o PIN-U. Por isso o PIN-D tende a ser melhor utilizado como um detector raios-x, pois tende a retornar mais rápido às condições originais.

5. Referências

- [1]. C. Novo, "Caracterização de Diodos Pin Laterais-Topologias, Características e Proposta de uma Nova Configuração", Centro Universitário FEI, 2017, pgs. 35-41.
- [2]. S.M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices", John Wiley and Sons, Nova York: 1981, pgs 743-760.
- [3]. A. Afzalian, D. Flandre, "Physical modeling and Design of Thin-Film SOI Lateral p-i-n Photodiodes". IEEE Trans. On Electron Devices, v. 52, n. 6ª Edição, 2005, pgs. 1116-1122.
- [4]. PERIN, A. L. et al. **Confiabilidade de dispositivos cmos submetidos à radiação e campo magnético**. Centro Universitário FEI. São Bernardo do Campo. 2016.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pela realização das medidas e empréstimo de equipamentos, CNPq, MOSIS e ao Namitec.

1 Aluno de IC do Centro Universitário FEI, Projeto com vigência de 11/18 a 10/19. RA. 11.216.080-9. Bolsa PBIC FEI