

## **SIMULATION OF CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF SEMI-CONDUCTOR NUCLEAR RADIATION DETECTORS.**

**Muminov Ramizullo Abdullaevich,  
Saymbetov Akhmet Kuvanchbekovich,  
Toshmurodov Yorkin Kakhramonovich,  
Ergashev Giyos Zhuraevich,  
Yavkochliev Mahmudjon Otamurodovich**

Physical-Technical Institute NPO "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,  
Tashkent, Uzbekistan.

Kazakh National University named after Al-Farabi, Almata, Kazakhstan.

Karshi branch of the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Karshi,  
Uzbekistan

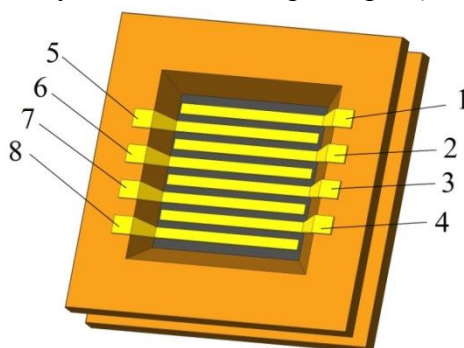
*E-mail:* [yorqin@mail.ru](mailto:yorqin@mail.ru)

Полупроводниковые детекторы (ППД) нашли широкое применение не только в разнообразных научных исследованиях и прикладной технике, но могут быть найдены применение в человеческой деятельности, в частности: в археологии, экологии, медицине, геологии и т. д. [1-3].

В настоящее время большой интерес к полупроводниковым координатно-чувствительным детекторам (ПКЧД) обусловлен целым рядом их преимуществ по сравнению с другими детекторами излучений [4].

ПКЧД представленный в данной работе изготовлен из промышленного кремния  $p$ -типа с удельным сопротивлением  $\rho = 3-8$  кОм, временем жизни носителей заряда  $\tau \geq 300$  мкс и концентрацией кислорода  $N_{O_2} \sim 10^{16}$  см<sup>3</sup> в виде пластины диаметром  $\sim 50$  мм и толщиной 2–2,5 мм. Диффузия лития проводилась с одной стороны в вакууме ( $\sim 10^{-6}$  мм.рт.ст.) при температуре  $T_{\text{диф}}=450^{\circ}\text{C}$  на глубину 120–150 мкм в течение  $\sim 0,5$  мин. [5].

Детекторы имели прямоугольную форму с общими размерами чувствительной области  $24 \times 24 \times 1,5$  мм. Нами разработаны и изготовлены полупроводниковые кремниевые координатно-чувствительные детекторы ядерного излучения больших размеров (Рис. 1).



**Рис. 1. Общий вид полупроводникового координатно-чувствительного детектора Для измерения ВАХ надо составлять математические выражения технологического процесса.**

Выходная параметра ( $y$ ) этого технологического процесса изменяется в зависимости от входного параметра ( $x$ ). то есть между ними есть функциональная зависимость.

$$y = f(x)$$

Если нет возможности выразить через известные законы этого математического выражения. Тогда можно использовать метод экспериментального статистического моделирования. Для этого проводится эксперимент. С изменением значения входного параметра (x), получим значение выходного параметра (y).

Это значение допускается на координатной системе, экспериментальная точка соединяется и получается кривая линия регрессии. Кривая линия регрессии будет разного вида. Например: прямая линия, парабола или другие виды. Выбирается уравнение в зависимости от вида кривой линии регрессии (например,  $y=k(x)$ , уравнение прямой линии проходящей через начало координаты).

Определяется коэффициент этого уравнения с методом самого маленького квадрата.

На основе этого метода, надо выполнять следующее:

$$\sum_{i=1}^n (y_{\text{э}i} - y_{\text{x}i})^2 \rightarrow \min \quad (1.1)$$

(т.е. отклонение вычисленной экспериментальной точки должно быть минимальным)

где N – число эксперимента

$y_{\text{э}i}$  – соответствующее экспериментальное значение выходного параметра на входной параметр  $x_i$

$y_{\text{x}i}$  – соответствующее значение вычисленное выходного параметра на входной параметр  $x$ .

Если кривая линия регрессии ближе к проходящей линии через начало координаты, тогда ее можно выразить через  $y=kx$  уравнением.

Это уравнение сопоставляем на (1.1) и получаем:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n (y_{\text{э}i} - kx_i)^2 \rightarrow \min \quad (1.2)$$

Метод анализа функции по классической формуле,

$$\frac{\partial \Phi}{\partial k} = 0$$

Условия экстремум этой функции, т.е.

$$\sum_{i=1}^n 2 (y_{\text{э}i} - kx_i) x_i = 0 \quad (1.3)$$

$k$  - коэффициент этого уравнения можем получить после математического изменения

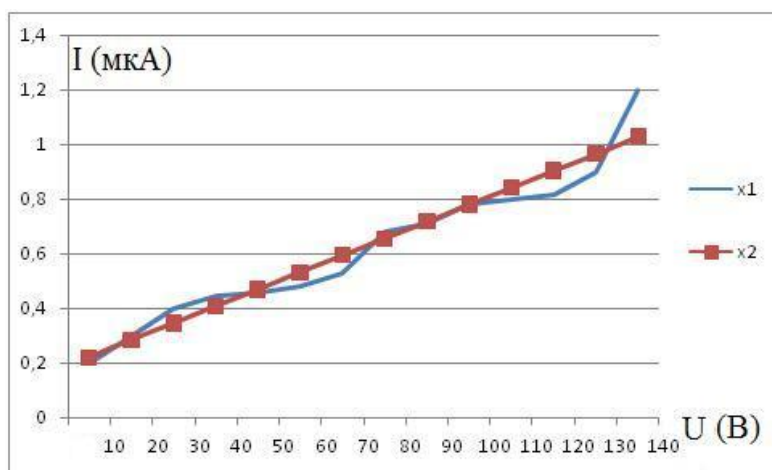
$$K = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{\text{э}i} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1.4)$$

Для вычисления коэффициент  $k$ , надо вычислить следующие суммы:

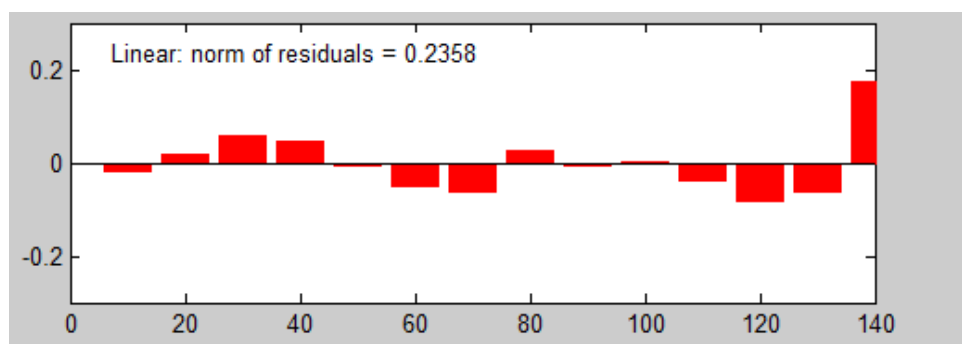
$$\sum_{i=1}^n y_{\text{э}i} \cdot x_i; \quad \sum_{i=1}^n x_i^2$$

На рис.2 приведено сравнение экспериментальных ВАХ полупроводникового координатно-чувствительного детектора ядерного излучения больших размеров с результатом моделирования с помощью предложенной эквивалентной ВАХ. Построены графики ВАХ только для одной полосе ПКЧД и его моделировали. Для моделирования использовали пакет программ MATLAB

7.8.0(R2009a), проектирования и расчета ВАХ. Результаты математического моделирования показывает, что предложенная эквивалентная электрическая схема позволяет с хорошей точностью описывать ВАХ структур Si(Li) p-i-n. На рис.3. показано, отклонение результата эксперимента от моделирования на 0,2358 раза.



**Рис.2. Вольтамперная характеристика ПКЧД полученным экспериментальным путём (1) из  
счет моделирования (2).**



**Рис. 3. Отличие результатов эксперимента с результатами математического моделирования.**

Таким образом, нами разработаны и изготовлены полупроводниковые кремниевые координатно-чувствительные детекторы ядерного излучения больших размеров. Изучены вольтамперные характеристики детектора и их моделирования.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность Р.А. Муминову, С.А. Раджапову, за полезные обсуждения и помощь в работе.

**СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Азимов С.А., Муминов Р.А., Шамирзаев С.Х. Яфасов А.Я. Кремний-литиевые детекторы ядерного излучения. Ташкент.: Фан, 1981.257с.
2. А.Чабанов // Универсальный участок резки полупроводниковых подложек и пластин // «Нано индустрия» №4 V-34 -2012. Стр.13-19.
3. Ю.Б. Гуров, Б.А. Чернышев // Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов // Москва 2012.
4. А.Н. Жуковский, Г.А. Пшеничный, А.В. Мейер // Высокочувствительный рентгенофлуоресцентный анализ с полупроводниковыми детекторами // Москва Энергоатомиздат-1991. Стр. 16-25.
5. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Toshmurodov Yo.K.,Risalieva Sh., Bekbaev S., and Kurmantaev A. // Development and Optimization of the Production Technology of Large Size Position Sensitive Detectors // Instruments and Experimental Techniques. New York. 2014. Vol. 57, No. 5, pp. 564–565.