

3. Varatnitskaya T. Estimating main characteristics of processes with non-regular observations // Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis de Mathematica. 2008. №12. С. 45–53.
4. Jiang J., Hui Y. V. Spectral density estimation with amplitude modulation and outlier detection // Ann. Inst. Statist. Math. 2004. Vol. 56, №4. С. 611–630.
5. Воротницкая Т. И. Оценки ковариационной функции и спектральной плотности стационарного случайного процесса пуассоновскими пропусками наблюдений // Вестник БрГУ им. А. С. Пушкина. 2008. Т. 31, №2. С. 3–11.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПИРСОНА ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСИ ВВЕДЕННОЙ МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

С. В. Гранько, А. А. Ковалевский

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Беларусь
E-mail: granko@bsuir.by*

Предложена модель для расчета объемного распределения концентрации примеси внедренной в твердое тело методом ионной имплантации с использованием маскирующих покрытий. Математической основой модели является использование распределения Пирсона VII, описывающее распределение концентрации при использовании модели точечного пучка ионов. Установлены особенности влияния момента эксцесса на пространственное распределение примеси.

Ключевые слова: ионная имплантация; локальное ионное легирование; распределение Пирсона; асимметрия; эксцесс.

Представляемые в работах [1,2,3] методы построения пространственного распределения концентрации примеси введенной методом ионной имплантации через окно маскирующем покрытии сводятся к использованию описания бокового отклонения, которое претерпевают падающие ионы от направления перпендикулярного поверхности образца с помощью параметра $\Delta R_{p,l} \Delta R_{p,l}$ – стандартное отклонение боковых пробегов ионов. При этом предполагается, что боковое распределение концентрации имплантированной примеси, или зависимость локальной концентрации от боковой координаты, является гауссовским с боковым проецированным пробегом $R_{p,l} R_{p,l} = 0$. Однако при этом пренебрегается моментами более высоких порядков.

Однако при формировании ряда структур методом локального ионного легирования с использованием окон в маскирующем покрытии требуется учет моментов более высокого порядка. При этом простран-

ственное распределение концентрации имплантированной примеси следующее:

$$n(x, y, z) = KDF_1^P(x) \iint_S F_2^P(Y - y) F_3^P(Z - z) dZdY, \quad (1)$$

где D доза ионной имплантации;

F_1^P – продольное распределение (по координате x), как правило описывается распределением Пирсона IV;

F_2^P, F_3^P – поперечное распределение по координатам y и z ;

S – параметр, характеризующий окно в маскирующем покрытии, имеет размерность площади, определяется координатами Y и Z .

K – нормировочный коэффициент.

Для описания бокового ухода предполагаем, что распределения по продольной координате (функции F_2^P или F_3^P) носят симметричный характер, параметр асимметрии $\gamma=0$ и может быть описано с помощью распределений Пирсона для различных значений эксцесса β . Аналитические выражения этих функций определяется следующим образом (на примере координаты y): вводятся следующие переменные, зависящие от моментов распределений

$$b_0 = \frac{\Delta R_p^2 (4\beta - 3\gamma^2)}{10\beta - 12\gamma^2 - 18}, \quad (2)$$

$$b_2 = \frac{2\beta - 3\gamma^2 - 6}{10\beta - 12\gamma^2 - 18}, \quad (3)$$

Распределение Пирсона VII для $\gamma=0$ и $\beta>3$

$$F^P(y) = \left| y^2 + \frac{b_0}{b_2} \right|^{\frac{1}{2b_2}}, \quad (4)$$

Для $\gamma=0$ и $\beta=3$ имеем распределение Пирсона VIII, которое идентично распределению Гаусса.

На рис. 1 представлены нормированные относительно максимума распределения Пирсона VII и Пирсона VIII построенные с применением (2-6) для значений асимметрии $\gamma=0$ и эксцесса $\beta_1=3, \beta_2=5, \beta_3=10$. Данные профили распределения относительной концентрации имплантированной примеси могут быть применены в представлении модели точечного пучка ионов попадающего в точку поверхности мишени с координатой $y=0$ мкм (нм, ангстрем).

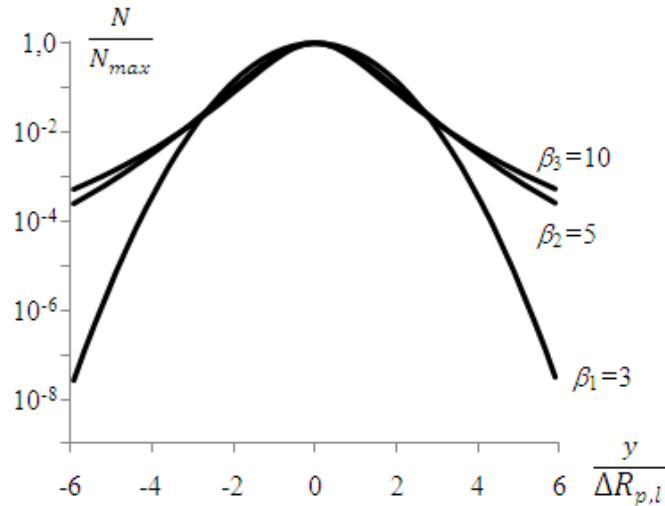


Рис. 1. Модельные профили поперечного распределения концентрации примеси для точечных пучков

Для расчета пространственного распределения концентрации примеси требуется интегрирование данных распределений по площади окна в маскирующем покрытии. В данной работе проведено моделирование пространственного распределения концентрации примеси маскирующей структурой локального ионного легирования является полуплоскость:

$$y \leq 0. \quad (5)$$

На рис. 2 представлены результаты численного интегрирования (1) модельных профилей для полуплоскости.

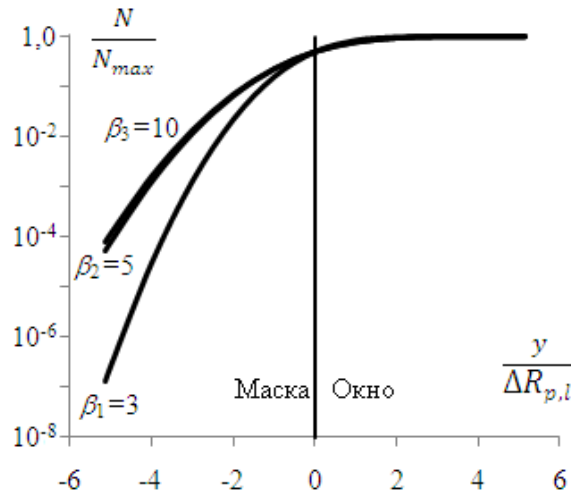


Рис. 2. Модельные профили поперечного распределения концентрации примеси при использовании маски

Значения концентрации нормированы относительно максимума, наблюдается уход примеси под маску. На границе раздела «окно-маска» значение концентрации $0,5N_{max}$, что объясняется значением асимметрии

$\gamma=0$, боковой уход ионов по обе стороны границы раздела равновероятен. На расстоянии $5\Delta R_{p,l}\Delta R_{p,l}$ от границы раздела «окно-маска» концентрация примеси сформированной модельным профилем $\beta_2=5$ в 10^3 выше сформированной модельным профилем $\beta_1=3$. Концентрация примеси сформированной модельным профилем $\beta_2=5$ отличается от сформированной модельным профилем $\beta_3=10$ незначительно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Комаров Ф. Ф. Ионная и фотонная обработка материалов. Мн.: Белгосуниверситет, 1998. 209 с.
2. Runge H. Distribution of Implanted Ions under Arbitrarily Mask Edges // Phys. Stat. Sol.(a). 1977. V.39, P. 595–599.
3. Буренков А. Ф., Комаров Ф. Ф., Темкин М. М. Аналитический расчет ионной имплантации через окно в маске // Микроэлектроника. 1987. Т.16, №1. С.15–21.

МАСШТАБИРОВАНИЕ КРИВЫХ МНОГОЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГЛОБАЛЬНОГО АНАЛИЗА МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ ВЕКТОРОВ

А. В. Дигрис

*Кафедра системного анализа и компьютерного моделирования,
Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь
E-mail: digris@bsu.by*

В данной статье представлен алгоритм вычисления оценок коэффициентов масштабирования для многоэкспоненциальной модели, который может использоваться совместно с методом фазовых векторов при глобальном анализе кривых затухания флуоресценции. Применение предложенного алгоритма в дополнение к результатам самого метода фазовых векторов обеспечивает возможность расчета значений критериев, необходимых для контроля качества проведенного анализа данных.

Ключевые слова: флуоресцентная спектроскопия; глобальный анализ данных; многоэкспоненциальная модель; метод фазовых векторов.

Введение. Для исследования свойств биофизических систем с учетом их пространственных размеров широко используется флуоресцентная микроскопия в сочетании с методом однофотонного счета [1]. В ходе таких измерений получают совокупность кривых затухания флуоресценции, для глобального анализа которых часто используется метод фазовых векторов [1, 2], в сочетании с многоэкспоненциальной моделью вида: