

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИФФУЗИОННО-ДРЕЙФОВОЙ МОДЕЛИ МОП-ТРАНЗИСТОРА

В.Р. СТЕМПИЦКИЙ, А.М. БОРОВИК, ЧАН ТУАН ЧУНГ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь  
nil44@bsuir.by*

Совокупность недостатков и трудностей при использовании компактных моделей приборов «глубокого субмикрона» требует применения новых подходов и аппроксимационных методов. Особую актуальность при этом имеют методы и алгоритмы оптимизации физико-математических моделей. В связи с этим разработан модифицированный метод прямого поиска с целью оптимизации параметров диффузионно-дрейфовой модели.

*Ключевые слова:* компактная модель, оптимизация, метод прямого поиска, МОП-транзистор.

Для приборов «глубокого субмикрона» используются компактные модели четвертого поколения [1]. Главным их недостатком является незавершенность используемых физических моделей и механизмов транспорта носителей заряда. Вся совокупность недостатков и трудностей, связанных с использованием таких компактных моделей, требует применения новых подходов и аппроксимационных методов.

Оптимизация, как эффективный алгоритм, позволяющий получить область экстремума целевой функции с заданной точностью, является основной областью использования методов и результатов проведения статистического анализа данных. Особую актуальность имеют методы и алгоритмы, позволяющие получать оценки вектора управляемых переменных, которому соответствует минимальное значение функции  $f(x)$ . Задача нахождения минимума функции  $f(x)$  решается посредством процедуры систематического получения последовательности точек  $x_0, x_1, \dots, x_k$  таких, что  $f(x_0) > f(x_1) > \dots > f(x_k) > \dots$ . После выбора начальной точки  $x_0$  необходимо выбрать направление, вдоль которого предполагается расположить следующую точку, и величину шага. Механизм образования последовательности точек и его эффективность в локализации точки минимума в сильной мере зависят от минимизируемой функции, а также информации, которая может быть использована для определения следующей точки [2].

К числу общих особенностей методов прямого поиска следует отнести относительную простоту соответствующих вычислительных процедур, которые легко реализуются и быстро корректируются. Идея используемой методологии заключается в выборе базовой точки и оценивании значений целевой функции в точках, окружающих ее. При решении задачи с двумя переменными можно воспользоваться квадратным образцом, представляющим собой базовую точку в центре и пробные точки в вершинах. Затем «наилучшая» из пяти исследуемых точек выбирается в качестве следующей базовой точки. В задачах большой размерности вычисление значений целевой функции проводится во всех вершинах, а также в центре тяжести гиперкуба [3].

Оптимизация параметров осуществляется для МОП-транзистора с длиной канала 90 нм [4] для участка ВАХ, соответствующего напряжению на затворе до 0,5 В. Оценка соответствия экспериментальным результатам ВАХ, полученных в результате варьирования значений параметров, проводится по методу наименьших квадратов. В соответствии с [5] наиболее значимыми параметрами модели подвижности Дарвиша

для рассматриваемой области ВАХ являются  $A_N$  и  $\alpha_{1N}$ . На основании анализа степени и характера влияния значений параметров на ВАХ, выбран диапазон изменения значений параметров ( $[2,064; 3,096]$  для  $A_N$ ,  $[0,3; 1,06]$  для  $\alpha_{1N}$ ), каждый из которых разбит на 8 равных поддиапазонов. В табл. 1 представлены значения СКО, соответствующие рассматриваемым точкам двумерной области на каждом из этапов реализуемого алгоритма при движении к оптимальному значению. Очевидно, что на последнем этапе базовая точка является наиболее оптимальной. Затем аналогично был рассмотрен новый, значительно меньший, диапазон ( $[2,838; 3,096]$  для  $A_N$ ,  $[0,87; 1,06]$  для  $\alpha_{1N}$ ), включающий ранее найденную точку. В результате определены значения параметров модели Дарвиша ( $A_N=2,999$ ,  $\alpha_{1N}=0,989$ ), обеспечивающие получение наименьшего значения СКО, а значит, и оптимальных параметров модели для выбранных условий исследования. ВАХ, демонстрирующие результаты проведенной оптимизации, представлены на рис. 1.

Табл. 1. Значения СКО в рассматриваемых точках двумерной области

Номер этапа	Значения параметров в точке	СКО, А	Номер этапа	Значения параметров в точке	СКО, А
1	$A_N=2,58; \alpha_{1N}=0,68$ (базовая)	8,55699E-06	3	$A_N=2,838; \alpha_{1N}=0,87$ (базовая)	5,59562E-06
	<b><math>A_N=2,709; \alpha_{1N}=0,775</math></b>	<b>7,75045E-06</b>		<b><math>A_N=2,967; \alpha_{1N}=0,965</math></b>	<b>1,37447E-06</b>
	$A_N=2,451; \alpha_{1N}=0,775$	8,30842E-06		$A_N=2,709; \alpha_{1N}=0,965$	7,10758E-06
	$A_N=2,451; \alpha_{1N}=0,585$	8,99669E-06		$A_N=2,709; \alpha_{1N}=0,775$	7,75045E-06
	$A_N=2,709; \alpha_{1N}=0,585$	8,38378E-06		$A_N=2,967; \alpha_{1N}=0,775$	1,52195E-06
2	$A_N=2,709; \alpha_{1N}=0,775$ (базовая)	7,75045E-06	4	<b><math>A_N=2,967; \alpha_{1N}=0,965</math> (базовая)</b>	<b>1,37447E-06</b>
	<b><math>A_N=2,838; \alpha_{1N}=0,87</math></b>	<b>5,59562E-06</b>		$A_N=3,096; \alpha_{1N}=1,06$	2,09373E-06
	$A_N=2,58; \alpha_{1N}=0,87$	7,86906E-06		$A_N=2,838; \alpha_{1N}=1,06$	5,12741E-06
	$A_N=2,58; \alpha_{1N}=0,68$	8,55699E-06		$A_N=2,838; \alpha_{1N}=0,87$	5,59562E-06
	$A_N=2,838; \alpha_{1N}=0,68$	6,06104E-06		$A_N=3,096; \alpha_{1N}=0,87$	2,07973E-06

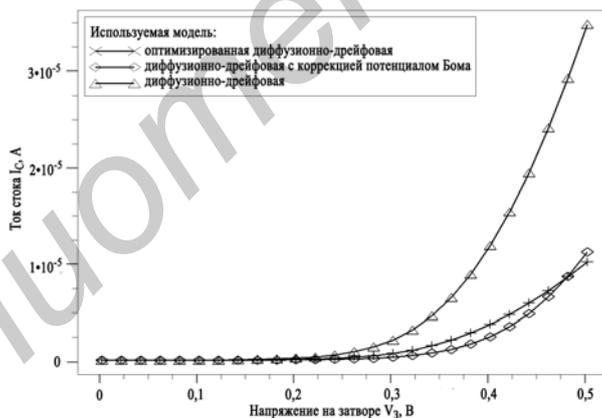


Рис. 1. Вольтамперные характеристики МОП-транзистора

Анализ результатов свидетельствует об эффективности использования предложенной методологии при оптимизации параметров физико-математических моделей.

#### Список литературы

1. Денисенко В. В. Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро- и наноэлектронике. М., 2010.
2. Аоки М. Введение в методы оптимизации. М, 1977.
3. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Регсдел К. Оптимизация в технике. Книга 1. М, 1986.