

# ПОСТРОЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СТРУКТУРАХ

ПЕТРОВ С. И., МАТВЕЕВ А. В.<sup>1</sup>

1 - БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Рассмотрена методика и алгоритмы решения задач численного моделирования процессов теплообмена в микроэлектронных структурах, обеспечивающие высокую точность расчетов температурных полей в кусочно-неоднородных и кусочно-однородных расчетных многослойных объемных областях со сложной конфигурацией границ.

Обобщенный алгоритм численного моделирования тепловых процессов в микроэлектронных структурах

Численное моделирование тепловых процессов в микроэлектронных структурах включает три этапа [1]:

1. Описание геометрии, физических характеристик, генерацию сети конечных элементов;
2. Расчет с помощью МКЭ;
3. Визуализацию и интерпретацию результатов расчета.

Эти три этапа на уровне программного обеспечения выполняются отдельными модулями:

- модулем ввода данных (препроцессором);
- модулем вычислений (процессором счета);
- модулем вывода результатов (постпроцессором).

Препроцессор предназначен для ввода и подготовки информации, необходимой для моделирования тепловых процессов в микроэлектронных структурах на ПЭВМ методом конечных элементов. Он осуществляет следующие функции:

- описание геометрии;
- генерацию конечно-элементной сетки;
- указание областей и границ.

Генерация конечно-элементной сетки в области заключается в формировании совокупности узлов и совокупности конечных элементов, обеспечивающих приемлемую дискретизацию области. Узлы определяются

их координатами, тогда как элементы характеризуются их типом и перечнем их узлов.

Операция указания областей и границ позволяет уточнить следующую информацию:

- описание физических характеристик материалов;
- описание источников теплоты;
- описание граничных условий.

Процессор счета получает на входе описание конечно-элементной сетки, физические характеристики и граничные условия. На выходе он выдает значения искомых величин в каждом узле сети. Модуль вычислений выполняет следующие функции:

- построение подматриц и подвекторов на каждом конечном элементе;
- объединение этих подматриц и подвекторов для формирования матрицы и правой части системы уравнений;
- учет граничных условий;
- решение системы алгебраических уравнений.

Постпроцессор:

- извлекает значащую информацию;
- представляет численную информацию в графической форме для облегчения ее восприятия и интерпретации.

Комплекс программ MICROTHERM [2], состоит из отдельных пакетов программ, каждый из которых выполняет вполне определенные функции. Пакет программ MESH предназначен для автоматической генерации сетки конечных элементов в односвязных и многосвязных двухмерных и трехмерных областях сложной геометрической формы. Пакет FIELDMS предназначен для решения задач расчета распределения температурных полей в микроэлектронных структурах. Пакет GRAPH предназначен для визуализации результатов расчета в виде картин распределения температурных полей.

### **Список использованных источников**

1. Захаров, А.Л. Расчет тепловых сопротивлений многослойных структур при наличии контактного сопротивления между слоями. – Полупроводниковые приборы и их применение/ А.Л. Захаров, Е.И. Асвадунова //Под ред. Я.А. Федотова. – М.: Сов. радио, 1974, вып. 26, с. 48 – 50.
2. Melnikov, A.A. Modeling of thermal fields in multilayer semiconductor structures. / A.A. Melnikov, A.S. Sigov, K.A. Vorotilov // Materials Research Society (Spring Meetings, 8–12 April, San Francisco, USA), 1996, p. 196.
3. Мельников, А.А. Расчет электромагнитных и температурных полей методом конечных элементов: Учебное пособие / Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет) – М., 2000. – 76 с.