

Diss. ETH No. 14449

**Grid Adaptation
for the
Stationary Two-Dimensional
Drift-Diffusion Model
in
Semiconductor Device
Simulation**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
BERNHARD SCHMITHÜSEN
Dipl. Math., RWTH Aachen
born January 13, 1962
citizen of Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Wolfgang Fichtner, examiner
Prof. Dr. Giorgio Baccarani, co-examiner

2002

Abstract

In this work a novel anisotropic grid adaptation procedure for the stationary 2D drift-diffusion model of semiconductor device simulation is developed. The adaptation approach is based on the principle of 'equidistributing local dissipation rate errors' and aims at accurate computations of device terminal currents. The appropriate adaptation criteria, derived in analogy to standard a posteriori error estimation methods, are based on solutions of local Dirichlet problems on locally refined meshes, measure jumps of the dissipation rate density across element edges, and include natural anisotropic refinement information. A quad-tree mesh structure is utilized to enable anisotropic local grid adaptations on boundary Delaunay meshes, required by the stability properties of the underlying Scharfetter-Gummel box method discretization. The iterative recomputation of solutions on new simulation grids utilizes local and global characterizations of dominating nonlinearities, employing solves of local Dirichlet Problems and global homotopy techniques for strong avalanche generation. The approach is analyzed for simple model device structures and demonstrated along realistic simulation cases.

Keywords: grid adaptation, semiconductor device simulation, a posteriori error estimation, drift-diffusion model, Scharfetter-Gummel box method, boundary Delaunay mesh, quad-tree mesh, dissipation rate, anisotropic refinement, avalanche homotopy.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird eine neue Gitteradaption-Verfahren für das zweidimensionale, stationäre Drift-Diffusionsmodell in der Halbleiterbauelemente-Simulation entwickelt. Der neue Ansatz beruht auf dem Prinzip 'Gleichverteilung lokaler Fehler der Dissipationsrate' und zielt auf die genaue Berechnung der Kontaktströme ab. Die entsprechenden Adaptionkriterien, abgeleitet in Analogie zu 'a posteriori' Fehlerschätzern in Standardtechniken, basieren auf Lösungen lokaler Dirichlet-Probleme auf lokal verfeinerten Gittern, messen Sprünge der Dissipationsratendichte über Elementkanten und enthalten natürliche anisotrope Verfeinerungsinformationen. Eine Quad-Tree Gitterstruktur wird benutzt, um anisotrope lokale Gitteradaptionen auf Rand-Delaunay Gittern zu erlauben, die zur Stabilität der zugrundeliegenden Scharfetter-Gummel-Box-Methode Diskretisierung erforderlich sind. Die iterative Neuberechnung der Lösungen auf neuen Simulationsgittern basiert auf lokalen und globalen Charakterisierungen von dominanten Nichtlinearitäten. Dabei werden lokale Dirichlet-Probleme gelöst und eine globale Homotopietechnik im Falle starker Avalanche-Generation eingesetzt. Die Gitteradaption-Verfahren wird anhand von Fallstudien einfacher Bauelementstrukturen analysiert und realistische Simulationsbeispiele werden vorgeführt.