

УДК 519.6:621.382.233

А. Я. Бомба[✉], І. П. Мороз

МЕТОДИ ТЕОРІЇ ЗБУРЕНЬ У СИСТЕМНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК $p-i-n$ -ДІОДА

Запропоновано методичку математичного моделювання вольт-амперних характеристик напівпровідникового об'ємного $p-i-n$ -діода, що ґрунтується на системному підході до вивчення досліджуваного електронного пристрою та аналізі фізичних процесів у ньому з використанням методів теорії збурень. Стационарні процеси протікання струму під дією прикладеної різниці потенціалів у високолегованих, контактних та активній областях діода розглядаються в гідродинамічному наближенні. Моделювання вольт-амперних характеристик зводиться до пошуку розподілів концентрацій носіїв заряду та потенціалу в структурних елементах досліджуваної системи. Основу математичної моделі складає традиційна нелінійна сингулярно збурена система рівнянь неперервності електронно-діркових струмів та рівняння Пуассона з відповідними граничними умовами. Особливостями запропонованого підходу є подання розв'язку поставленої нелінійної задачі у вигляді асимптотичних рядів, які будуються шляхом використання методу примежових поправок теорії збурень, та врахування впливу бар'єрів ($p-i$, $n-i$ -переходів) на формування електронно-діркової плазми в активній області $p-i-n$ -діода. Знайдені примежові поправки у розв'язку відіграють ключову роль в описі розподілу електростатичного поля у досліджуваній системі, вони надають можливість вперше з'ясувати важливі деталі процесу протікання електронно-діркових струмів у діоді. Отримані результати корелюють із відомими даними експериментальних досліджень.

Ключові слова: метод збурень, сингулярно збурена задача, асимптотичний ряд, дифузійно-дрейфовий процес, об'ємний $p-i-n$ -діод, вольт-амперна характеристика.

PERTURBATION THEORY METHODS IN SYSTEM SIMULATION OF THE $p-i-n$ -DIODE VOLT-AMPERE CHARACTERISTICS

A technique for mathematical modeling of the current-voltage characteristics of a semiconductor volumetric $p-i-n$ -diode is proposed, which is based on a systematic approach to investigate the electronic device under study and the analysis of the corresponding physical processes using methods of perturbation theory. Stationary processes of current flow under the influence of an applied potential difference in the highly alloyed, contact and active regions of the diode are considered in the hydrodynamic approximation. Modeling the current-voltage characteristic is reduced to searching for the distributions of charge carrier concentrations and potential in the structural elements of the studied system. The basis of the mathematical model is the traditional nonlinear singularly perturbed system of the continuity equations for electron-hole currents and Poisson's equation with the corresponding boundary conditions. The features of the proposed approach are the representation of the solution of the given nonlinear problem in the form of asymptotic series, which are constructed by using the method of boundary corrections of perturbation theory, and taking into account the influence of barriers ($p-i$, $n-i$ junctions) on the formation of electron-hole plasma in the active region of $p-i-n$ -diode. The found boundary corrections in the solution play a key role in describing the distribution of the electrostatic field in the studied system, they make it possible to ascertain for the first time the important details of the electron-hole currents flow process in the diode. The obtained results correlate with known experimental data.

✉ abomba@ukr.net

Key words: *perturbation method, singularly perturbed problem, asymptotic series, diffusion-drift process, volume p – i – n -diode, current-voltage characteristic.*

Нац. ун-т вод. госп-ва та природокорист., Рівне

Одержано
27.09.23