УДК 535.215.6

К.В. ЧУНИХИН, НТУ «ХПИ», Харьков, Украина
А.В. БОРЦОВ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», Харьков, Украина

Теоретическое исследование вольт-амперных характеристик солнечных батарей

Несмотря на ситуацию в Украине, в которой государство дало указ об исследованиях только в двух направлениях: оборонная промышленность, сельское хозяйство, в мире значение альтернативных источников энергии играет большую роль в энергетики. В частности в направлении фотоэлектрических преобразователей (солнечных батарей).

Целью работы будет теоретическое исследование фотовольтаичекого эффекта в широком *p-n* переходе. Т.к. в [1] объясняется, что теория фотовольтаичекого эффекта в тонком *p-n* переходе не хорошо согласуется с экспериментальными результатами, которые получаются на кремниевых фотоэлементах. Эмпирическая вольтамперная характеристика удовлетворительно описывается уравнением вида

$$I = -I_s\left[\exp\left(\frac{qU}{AkT}\right)-1\right]+I_f,$$

где I – ток нагрузки, U – напряжение нагрузки, I_s – обратный ток насыщения, q – заряд электрона, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура солнечного элемента, I_f – фототок, и определяемый из эксперимента безразмерный параметр A.

A принимает значения от 1, что соответствует теории тонкого *p-n* перехода, до 2 и даже 4–5. Чаще всего параметр A равняется 2. С другой стороны, ток «насыщения» I_s в реальных фотоэлементах оказывается на несколько порядков больше, чем рассчитанный по формулам приложения 1 [1]. В работе [2] было показано, что если *p-n* переход оказывается достаточно широким, то в нем необходимо учитывать рекомбинацию.

Для определения параметра A нужно будет решить систему нелинейных дифференциальных уравнений для нахождения концентрации электронов и дырок, в которых первые два – это условие баланса числа электронов и дырок, в которых входит электрическое поле, а третье – уравнение Пуассона для электрического поля. Эту систему мы будем решать численно, используя программный пакет Comsol Multiphysics, который моделирует различные физические процессы, используя метод конечных элементов.

Список литературы:

1. *Васильев, А.М., Ландсман, А.П.* Полупроводниковые фотопреобразователи / *А.М. Васильев, А.П. Ландсман //* М: Советское радио. – 1971. – 248 с.

2. *Пикус, Г.Е.* Основы теории полупроводниковых приборов / *Г.Е. Пикус //* М:Наука, 1965. – 448 с.

УДК 665.9

М.В. ЧУФАРОВ, НТУ «ХПИ», Харьков, Украина
О.Я. КОНОВАЛОВ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, Украина

Формулировка и аналитическое решение задачи продолжения импульсного магнитного поля с цилиндра

Одной из перспективных технологий, используемой в частности для изготовления деталей сложной формы из трубчатых заготовок, является магнитно-импульсная обработка металлов давлением (МИОМ). Эффективность МИОМ, а также качество получаемых деталей существенно зависят от формы индуктора и геометрии магнитного поля. Т.к. на силовой линии магнитный поток $\Phi(r, z)$ принимает постоянное значение, рассмотрим формулировку и решение задачи аналитического продолжения магнитного потока с поверхности цилиндра радиуса R. Магнитное поле имеет плоскомеридианную симметрию, причем ось Oz цилиндрической системы координат совпадает с осью системы индуктор-заготовка. Проводники системы неподвижны и не деформируются.

При принятых допущениях давление магнитного поля пропорционально квадрату осевой компоненты индукции магнитного поля на поверхности цилиндра $B_z(R, z)$. Принимаем, что задано распределение именно этой величины. Математическая формулировка задачи продолжения магнитного потока состоит из уравнения

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial \Phi}{\partial r}\right)+\frac{1}{r}\frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2}=0, \qquad (1)$$

3. $\quad -\infty < z < \infty, \quad r > R$

и граничных условий:

$$\Phi(R, z)=0; \qquad (2)$$

$$\left.\frac{\partial \Phi}{\partial r}\right|_{r=R}=2\pi R B_z(R, z). \qquad (3)$$

Принимая допущение об аналитичности $B_z(R,z)$, в соответствии с теоремой С. Ковалевской установлены существование и единственность решения задачи (1) – (3). Решение этой задачи, полученное при допущении четности $B_z(R,z)$ методом частных решений, непрерывно зависящих от параметра λ, имеет вид:

$$\Phi(r, z)=2rR\sqrt{2\pi}\int_0^{\infty}\left[I_1(\lambda r)K_1(\lambda R)-I_1(\lambda R)K_1(\lambda r)\right]F(\lambda)\cos(\lambda z)d\lambda, \qquad (4)$$

где $I_1(\lambda r)$, $K_1(\lambda r)$ – модифицированные функции Бесселя первого и второго рода первого порядка; $F(\lambda)$ – косинус-преобразование Фурье распределения $B_z(R,z)$.

Список литературы:

1. *Михайлов, В. М.* Моделирование электромагнитных полей / *В.М. Михайлов* // НТУ “ХПИ”. – 2000. – 2007. – С. 167.