

В.Ю.Нечаев (6 курс, каф. ПФОТТ), Е.А.Степанов, асс.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВБЛИЗИ МИКРООСТРИЯ

Считается давно установленным факт, что накопление отрицательного объемного заряда в полимерах в сильных полях происходит вследствие автоэлектронной эмиссии электронов с металлического катода в полимер [1]. Туннелирование электронов происходит в таких местах локального усиления электрического поля, которыми являются микроострия.

При анализе процессов инжекции и разработке физической теории этого явления принципиально важным является оценка величин электрических перенапряжений и определение их локализации. Непосредственное измерение напряженности вблизи микроострия наталкивается на существенные и порой непреодолимые технические трудности. Таким образом, задача математического моделирования распределения электрических полей вблизи микроострий представляется актуальной.

Однако идея математического моделирования не нова и уже были работы посвященные этому вопросу [2]. Новизна нашей работы заключается в том, что моделирование проводилось в трехмерном пространстве.

Нами была взята следующая электродная система: две плоскости с микровыступом на одной из них в виде полуэллипсоида вращения. Была разработана программа численного решения уравнения Пуассона при отсутствии заряда между электродами:

$$\operatorname{div} E(t, r) = 0 \quad (1)$$

методом конечных элементов [4]. Суть метода применительно к нашей задаче состоит в следующем: Вся область между двумя электродами разбивается на треугольно-пирамидальные элементы. Изменение потенциала внутри каждого элемента, вследствие отсутствия электрического заряда предполагается линейным. Таким образом, истинное решение заменяется кусочно-планарной функцией, а гладкая эквипотенциальная поверхность фактического распределения потенциала в пространстве заменяется многогранной поверхностью аппроксимации. Очевидно, что чем больше число элементов, тем выше точность решения уравнения. Минимальные размеры элемента, и соответственно максимальное их число для определенного объема ограничены представлением числа в компьютере, а также в нашем случае размером виртуальной памяти и быстродействием вычислительной машины.

Параметрами острия были высота и полуширина в основании, т.е.

соответственно большая и малая ось полуэллипсоида (если считать острый микровыступ).

Была найдена напряженность электрического поля по оси полуэллипсоида, как производная от потенциала. В литературе [3] имеется функция для расчета напряженности в этом случае. Она и была взята для сравнения.

Расчеты показали, что при количестве элементов больше, чем  $6 \cdot 10^6$  погрешность напряженности по оси микроострия полученной численно относительно аналитической не более 10%. Интересно стало посмотреть как изменяется поле при удалении от оси микроострия. Были рассчитаны напряженности по оси, перпендикулярной нижней плоскости, на разном расстоянии от оси микроострия (рис.1).



Рис. 1. Сечение эллипсоида плоскостью; пунктирные линии соответствуют направлению осей на которых рассчитывалась  $E(z)$ . 1)  $r=0$  мкм, 2)  $r=0,06$  мкм, 3)  $r = 0,12$  мкм, 4)  $r=0,18$  мкм, 5)  $r=0,4$  мкм

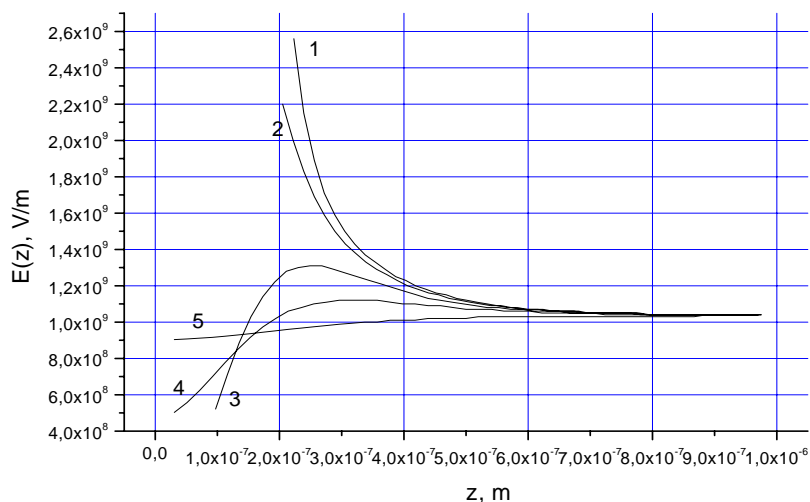


Рис. 2. Зависимость напряженности электрического поля при различных значениях  $r$ . 1 -  $r=0$  мкм, 2 -  $r=0,06$  мкм, 3 -  $r=0,12$  мкм, 4 -  $r=0,18$  мкм, 5 -  $r=0,4$  мкм

Хорошо видно (рис. 2), что вблизи микроострия напряженность максимальна, а при удалении снижается до среднего значения. У основания микроострия, в подтверждение теории, напряженность минимальна.

В будущем мы планируем смоделировать многоострийную неосесимметричную задачу. Моделирование таких задач и является главным достоинством моделирования в трехмерном пространстве.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Электрические свойства полимеров. Под редакцией Сажина Б. И. / Л.: Химия, 1986. 224 с.
2. Степанов Е. А. Влияние микроострий на формирование электрических полей в полимерных диэлектриках (бакалаврская работа). СПб.: СПбГТУ. 1999.
3. Сливков И. Н. Процессы при высоком напряжении в вакууме. М.: Энергоатомиздат, 1986. 256 с.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир. 1979. 392 с.