

А. Е. Майер, А. А. Эбелъ, А. П. Яловец (Челябинск, ЮУрГУ).
Моделирование заряжения диэлектриков при воздействии ионизирующих излучений.

Эффекты накопления зарядов наблюдаются практически всегда, когда диэлектрики подвергаются ионизирующему излучению. Заряды могут вноситься в диэлектрик при облучении их пучками заряженных частиц либо генерироваться в виде электронно-дырочных пар вследствие ионизации среды. Воздействие ионизирующих излучений на диэлектрики имеет принципиальное значение при их использовании в атомной промышленности и космической технике.

Свойства облученных диэлектриков в отношении удержания и переноса зарядов наиболее полно описываются в рамках феноменологической модели Роуза-Фаулера [1]. Система уравнений модели описывает физические процессы протекающие на существенно различающихся временных масштабах, поэтому является жесткой. Ее решение известными методами, например методом Гира [2], затруднено пространственной неоднородностью задачи. Существующие аналитические и численные решения [3, 4] получены только для вариантов модели с рядом существенных упрощений, таких как пренебрежение дрейфом носителей заряда, однородная по объему генерация электронов и дырок, постоянство во времени спектра ловушек (локализованных энергетических состояний в запрещенной зоне) и другие.

В данной работе предложен алгоритм решения системы уравнений модели Роуза-Фаулера, свободный от перечисленных выше ограничений. Применяется метод разделения по физическим процессам. На первом этапе пренебрегаем дрейфом носителей зарядов под действием электрического поля, и рассматриваем изменение плотности зарядов за временной шаг за счет процессов рождения частиц и рекомбинации. Для этой стадии получено приближенное аналитическое решение для малого временного шага. На втором этапе рассчитывается дрейф носителей заряда в электрическом поле, в результате чего определяются окончательные значения концентраций частиц в текущий момент времени. Численная схема переноса носителей зарядов устойчива при выполнении для шага по времени условия Куранта-Фридрихса-Леви [5]. На третьем этапе решалось уравнение для электрического поля методом прогонки [2]. Поле излучения находилось из решения соответствующего кинетического уравнения [6, 7].

Результаты моделирования радиационного заряжения с использованием данного алгоритма полностью согласуются с результатами, полученными с помощью метода Гира [2], но при существенно меньших (на порядки) затратах машинного времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роуз А. Основы теории фотопроводимости. М.: Мир, 1966, 192 с.
2. Самарский А. А., Гудин А. В. Численные методы. М.: Наука, 1989, 432 с.
3. Ванников А. В., Матвеев В. К., Сичкаръ В. К., Тютнев А. П. Радиационные эффекты в полимерах. Электрические свойства. М.: Наука, 1982, 273 с.
4. Тютнев А. П., Ванников А. В., Мингалеев Г. С. Радиационная электрофизика органических диэлектриков. М.: Энергоатомиздат, 1989, 192 с.
5. Поттер Д. Вычислительные методы физики. М.: Мир, 1975, 392 с.
6. Шевелев Г. Е., Яловец А. П. Применение теории возмущений высших порядков к решению задачи переноса быстрых электронов в диэлектриках с внешним электрическим полем. Известия вузов СССР. Физика № 10, 1978, с. 150–153.
7. Болецкая Т. К., Яловец А. П. Расчет распределения поглощенной энергии в мишенях, облучаемых гамма-квантами. Известия вузов. Физика № 11, 1990, с. 116–117.