

Математическое моделирование взаимодействия средств контроля электрофизических параметров с наноразмерными дефектами поверхности

Тявловский А. К., Жарин А. Л.

Белорусский национальный технический университет

Существующие математические модели рассматривают формирование измерительного тока в цепи динамического конденсатора в зависимости от контактной разности потенциалов (КРП) между двумя проводящими поверхностями и не учитывают возможность наличия в зазоре динамического конденсатора ассоциируемых с наноразмерными дефектами связанных зарядов. Анализ разработанных в рамках настоящего исследования моделей показывает, что вибрация подвижной обкладки приводит к динамическому изменению распределения электрического поля связанных зарядов. Следствием этого должно явиться возникновение дополнительной составляющей переменного тока, обеспечивающей перезарядку динамического конденсатора. Математическая модель выходного сигнала электрометрического зонда при этом принимает вид

$$U_{out} = \frac{pn}{\varepsilon_0} \frac{\ln \frac{2d_2}{l}}{\ln \frac{2d_1(t)}{l} + \ln \frac{2d_2}{l}},$$

где $d_1(t) = d_{10} + d_m \sin \omega t$ - зазор динамического конденсатора, d_2 - толщина образца, p - дипольный момент дефекта, n - поверхностная плотность дефектов, l - длина диполя.

Из результатов моделирования следует, что выходной сигнал вибрирующего электрометрического зонда при анализе дефектов диэлектриков является постоянным (не зависит от времени) и не зависит от параметров (частоты и амплитуды) вибрации зонда. Выходной сигнал пропорционален плотности заряда на дефектах (произведение pn) и находится в сложной зависимости от длины диполя l . При $l \rightarrow 0$ модель переходит в выражение для выходного сигнала, полученное для случая равномерно распределенного по поверхности диэлектрика электрического заряда, ассоциированного с дефектами поверхности. Для математического моделирования случая неравномерного распределения наноразмерных дефектов в области контроля поверхность образца, составляющая неподвижную обкладку динамического конденсатора, может быть разбита на отдельные участки с различной плотностью заряда, при этом выходной сигнал вычисляется по принципу суперпозиции как арифметическая сумма частных сигналов от данных участков.