

На рисунке представлена зависимость обратной величины времени переполяризации $1/t_5$, от внешнего электрического поля E кристаллах сегнетоэлектрического кристалла германата свинца $Pb_5Ge_3O_{11}$.

Полученные результаты близки к значениям, приводящиеся в [4].

Список литературы

1. Иона Ф., Ширане Д. Сегнетоэлектрические кристаллы. М., 1965.
2. Смоленский Г.А., Крайник Н.Н. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. М., 1968.
3. Мясоедов А.В., Сушинская А.А. Вестник ВГТУ, 2010, № 18, 132-136.
4. Панченко Т.В., Волнянский М.Д., Моля В.Г., Дуда В.М. ФТТ, 1977, 19, № 8, 1238- 1244.

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРА

Новиков В.А.

*Самарский государственный технический университет,
Самара, Россия.
vladislav_novvi@mail.ru*

При оценке физико-механических свойств поверхности материала, синтезированного или модифицированного в плазме газового разряда, может быть применён метод фрактального анализа. Связь фрактальных свойств поверхности с физико-механическими описывается в ряде работ, посвященных изучению процессов формирования полимерных покрытий, их свойств и морфологии [1-4]. Известны исследования фрактальной размерности поверхностей плазменнополимеризованных плёнок стирола и октаметилтрисилоксана и её связи с режимами полимеризации [1]; плёнок оксида титана при различных методах формирования и её связи с фотокаталитическими свойствами [2]; тонких плёнок на основе Со и её связи с поверхностной энергией [3]. Корреляция между параметрами ионной бомбардировки углеродных плёнок и их фрактальными свойствами изучалась в работе [4].

В этих работах приводится большое количество способов реализации конкретных методов фрактального анализа, использующих в качестве данных профилограммы поверхностей [5], изображений растровой электронной микроскопии [1, 6, 7], сканирующей зондовой микроскопии [2-4]. В настоящей работе предлагается один из методов вычисления фрактальной размерности поверхностных микроструктур по цифровым изображениям. Метод реализован в виде вычислительной программы, позволяющей достаточно оперативно проводить фрактальный анализ изображений.

Теоретическая часть

Применяемые для исследования морфологии поверхности покрытий методы фрактального анализа в качестве исходных данных используют профилограммы поверхности, изображений растровой электронной, сканирующей зондовой и оптической микроскопии. Полученные фрактальные размерности шероховатых или геометрически неоднородных поверхностей представляет собой количественную меру степени самоподобия структурных элементов различных размеров. Для их определения использовался метод, предложенный Мандельбротом. В соответствии с этим методом, шероховатые поверхности разделяются горизонтальными плоскостями на различных уровнях, в результате чего в плоскости сечения появляются острова. Эти острова обладают суммарной площадью S и общим периметром L . График зависимости значения периметра L от значения площади A

для множества урвневых сечений, построенный в логарифмических координатах, в идеальном случае имеет вид прямой линии. Из угла наклона этого графика к оси абсцисс α можно определить величину фрактальной размерности $D = 2(\Delta \ln L / \Delta \ln S) + 1$

Метод Мандельброта достаточно просто реализуется программно. Имея двумерное изображение шероховатой поверхности, где яркость точки определяет высоту этой точки над нулевым уровнем, можно достоверно принять это изображение за трёхмерное, рассматривая значение яркости как дополнительную координату. Задавая значение высоты уровня сечения можно судить о периметре L по количеству точек с заданной яркостью, и о площади S по количеству точек, яркость которых больше заданного значения. Предусмотрена возможность проведения фрактального анализа поверхности, как по всей области цифрового изображения, так и на локальных её участках.

Экспериментальная часть

В ходе эксперимента по установлению взаимосвязи фрактальной размерности с трибологическими характеристиками поверхности, а так же оптическими и электрическими, использовались синтезированные в низкотемпературной плазме тлеющего разряда полимерные пленки на основе углеводородных, фтор- и кремнийорганических соединений.

С помощью цифрового фотоаппарата высокого пространственного разрешения были получены фотографии поверхности электрода (катода) в процессе полимеризации в тлеющем НЧ-разряде. Исходным веществом служил гексаметилдисилазан. Время синтеза варьировалась от 3 до 12 минут, плотность тока от $0,1 \text{ А/м}^2$ до 10 А/м^2 , давление в рабочей камере 80 Па. В процессе полимеризации производилась фотосъёмка участка катода размером $2 \times 2 \text{ мм}^2$ с интервалом 20 секунд при малой выдержке, по необходимости участок подсвечивался полупроводниковым лазером. Фрактальная размерность, рассчитанная по полученным данным, варьировалась от 1,2 (до начала процесса обработки) до 1,92 на последней минуте, при неизменной плотности тока и давлении мономера. Величина фрактальной размерности поверхности при полимеризации длительностью 4-7 минут увеличивалась равномерно а при длительности обработки более 7 минут практически не изменялась, совершая колебания в интрвале 1,86 – 1,94, что хорошо просматривается на графике 1.

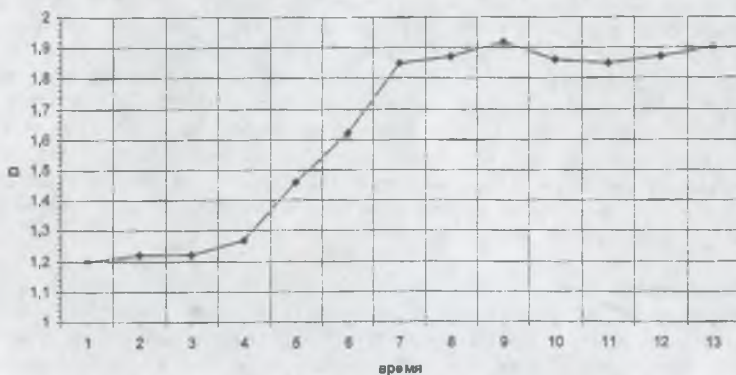


График 1. Зависимость фрактальной размерности от времени полимеризации

График был построен по результатам съёмки произвольно выбранного участка на поверхности электрода. Такое поведение фрактальной размерности может быть объяснено достижением лимитирующей стадии роста полимерной плёнки. После завершения обработки образцы извлекались из реактора, их поверхность фотографировалась при

помощи оптического микроскопа через равные интервалы как в продольном, так и в поперечном направлении, после чего проводилось исследование поверхности с помощью сканирующей зондовой микроскопии (прибором NanoEducator), затем производилось определение коэффициента трения и адгезии.

Список литературы

1. Зынь В.И., Молчатский С.Л. Исследование фрактальной структуры поверхности полимерных плёнок стирола и октаметилтрисилоксана. / Поверхность. 1999, №4, с. 66.
2. Xagas A.P., Androulaki E., Hiskia A., Falaras P. Preparation, fractal surface morphology and photo catalytic properties of TiO₂ films./Thin solid films 357(1999), p. 173.
3. Li J. M., Lu L., Su Y., Lai M. O. Self-affine nature of thin film surface./Applied surface science 161(2000), p. 187.
4. Durand H.A., Sekine K., Etoh K., Kataoka I. Effect of energy on direct ion beam deposition of carbon thin films: induced defects and graphitization. / Surface and coating technology.125 (2000), p.57.
5. Бородич Ф.М., Онищенко Д.А. Фрактальная шероховатость в задачах контакта и трения (простейшие модели).Трение и износ. 1993, т.14, №3,
6. Кульков С.Н. Применение фрактального подхода для триботехнического анализа. / Трение и износ. 1997, т.18, №6, с.761.
7. Bieganski P., Dobierzewska-Mozrzyms E., Newelski M., Pieciul E. Fractal dimension of discontinuous copper films./Vacuum 46(1995), pp. 513-516

МЕТОД ЗЕРКАЛЬНЫХ СХЕМ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ

Джежора А.А., Рубаник В.В.

*Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»,
г. Витебск, Беларусь*

*Государственное научное учреждение «Институт технической акустики НАН Беларуси»
г. Витебск, Беларусь,
ita@vitebsk.by*

Для получения аналитических решений при расчете электростатических полей упрощают геометрию полей и входящих в нее заряженных тел, при этом изменяют свойства материалов, переходя от реальной толщины электродов к бесконечно тонким электродам, от реальных, обладающих нелинейными характеристиками свойств, к идеальным, т.е. линейным. Существующие аналитические методы всегда обеспечивают точное решение поставленной задачи, поэтому проблема разработки общих численных алгоритмов актуальна. Численные методы позволяют с необходимой точностью произвести расчет электростатических полей в неоднородных, анизотропных и нелинейных средах при сложных формах границ раздела сред.

Одним из универсальных численных методов решения краевых задач для электростатического поля является метод конечных разностей. Однако, данный численный метод не обеспечивает эффективное решение задачи, так как для достижения требуемой точности используется очень мелкая конечно-разностная сетка, что приводит к резкому увеличению времени ее решения. В более предпочтительном положении находится метод интегральных уравнений. Совместно с такими методами как метод изотропизирующего преобразования координат, метод зеркальных отображений он позволяет проводить расчеты электростатических полей за более короткий промежуток времени.

Метод зеркальных отображений позволяет свести расчет электрических полей в кусочно-однородных средах к расчету электрических полей в однородной среде. Согласно методу зеркальных отображений в кусочно-однородных средах наведенные связанные