Международный форум молодых ученых и студентов

Физико-математические науки

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ГЕТЕРОГЕННЫХ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Беневоленский С.Б., Позднев А.В.
«МАТИ» - РГТУ им. К.Э. Циолковского, Москва

При исследовании закономерностей травления в низкотемпературной газоразрядной плазме необходимо учитывать многообразие гетерогенных массообменных процессов и наличие конкурирующего травлению материала подложки процесса плазменной полимеризации [1,2].

Целью настоящей работы является моделирование влияния глубины травления, размеров окна в маскирующем покрытии, вероятности взаимодействия травящих частиц с обрабатываемой поверхностью на форму профиля травления. При этом под взаимодействием понимается как физическое распыление материала подложки, так и химические реакции между химически активными частицами плазмы и подложкой с образованием летучих соединений, приводящие к формированию углублений.

Для получения выражения, описывающего скорость бокового подтравливания нами были введены следующие допущения:

- при травлении представляет собой кнудсенновский газ;
- поток активных частиц (АЧ), ответственных за травление, по всей обрабатываемой поверхности однороден;
- скорости всех летящих частиц равны;
- рассеяние частиц со дна канавки является диффузионным;
- маска в процессе траления не разрушается;
- подтрав изначально много меньше ширины окна в маске.

Предложенная нами математическая модель описывается следующей системой уравнений:

относительная величина подтрава в точке S

$$\Delta_s = V_y \frac{1-x}{2p} \int_{t_s}^{t} \ln(1+\frac{L^2}{(V_y t - H_s)^2})dt,$$

максимальная величина бокового подтрава

$$h_s = V_y \frac{1-x}{2pL} \int_{H_s/V_y}^{H/V_y} \ln(1+\frac{L^2}{(V_y t - H_s)^2})dt,$$

где V_y - скорость травления арсенида галлия в нормальном направлении; x - коэффициент взаимодействия АЧ с поверхностью; L - ширина окна в маске; H - глубина травления; H_s - глубина травления до точки S.

С использованием разработанной математической модели были получены результаты, позволяющие оценить влияние глубины травления, размеров окна в маскирующем покрытии, вероятности взаимодействия травящих частиц с обрабатываемой поверхностью на форму профиля травления. Полученные результаты расчетов по протравленным элементам топологии оценить вероятность взаимодействия травящих частиц с обрабатываемой поверхностью в используемых при проведении технологического процесса режимах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Вводный том. Книга 3// Под ред. Фортова В. Е. – М.: Наука, 2000, 576 с.
2. Путря М.Г. Физико-технологические основы формирования трехмерных структур УБИС плазменными методами: Дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н. – М.: МГИЭТ(ТУ), 2002, 278 с.

СТАТИСТИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОУСКОРЕНИЙ

Седельников А. В., Бязина А.В.
Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара

В работе представлены статистические исследования уровня микроускорений, возникающих на борту орбитального космического аппарата во время проведения технологических процессов. Условия, накладываемые на уровень микроускорений для успешного проведения этих процессов, называемые микрогравитационным штилем, являются достаточно жесткими. Особенно это касается квазистатической компоненты микроускорений [1].

Моделирование микроускорений на нынешнем этапе развития космического материаловедения играет, пожалуй, более важную роль, чем даже натурные испытания из-за сложности измерения микроускорений [2].

В работе выявлено, что с учетом демпфирования собственных колебаний упругих элементов изменения уровня микроускорений во времени имеет гамма-распределение, если не учитывать демпфирование, то это распределение становится нормальным. Принципиальная разница заключается в том, что некоторые космические аппараты, например, серия «Фотон» не имеют больших упругих элементов таких, как панели солнечных батарей, поэтому в этом случае нет и демпфирования колебаний.

Для моделирования уровня микроускорений с помощью фрактальной функции Вейерштрасса-Мандельброта, рассмотренного в работах [3], [4], определены статистические параметры: математическое ожидание, дисперсия, функция распределения и т.д. Результаты моделирования сравнивались с результатами натурных экспериментов на борту орбитальной станции «Мир», а также космических аппаратов серии «Фотон» и «Спот». Сделаны выводы о возможности моделирования микроускорений с помощью фрактальной функции Вейерштрасса-Мандельброта