

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- *Абрамов Г.В., Гаврилов А.Н., Татаркин Е.С.*
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ УГЛЕРОДА В ПЛАЗМЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ ГРАФИТА
- *Аверина Л.И., Лецинский А.А.*
ПОРОГОВЫЙ ЭФФЕКТ В НЕКОГЕРЕНТНЫХ ПРИЕМНИКАХ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ
- *Захаров А.В.*
СОВМЕСТНАЯ ОЦЕНКА ДИСПЕРСИИ СЛУЧАЙНОЙ КОМПОНЕНТЫ И АМПЛИТУДЫ РЕГУЛЯРНОЙ КОМПОНЕНТЫ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО РАДИОСИГНАЛА
- *Попова И.А., Гриднев А.Е., Кукуев В.И., Тутов Е.А., Мельникова М.С.*
ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО ПОДХОДА К ОПИСАНИЮ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ АНОДНЫХ ОКСИДОВ ТАНТАЛА
- *Поправко Н.Г., Рогазинская О.В., Сидоркин А.С., Миловидова С.Д.*
СТРУКТУРА И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ С СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ TGS И NaNO_2
- *Прибытков Ю.Н., Маршаков В.К.*
ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ АСИНХРОННОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ
- *Радченко Ю.С., Миляев С.В.*
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНИЗОТРОПИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
- *Филиппов В.В., Бормонтов Е.Н.*
МОДЕЛИРОВАНИЕ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ И ЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ КРЕМНИЕВЫХ НАНОТРУБОК

МАТЕМАТИКА

- *Бакаева О.А., Щенников В.Н.*
ВЫЯВЛЕНИЕ НЕЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ КАЧЕСТВЕННЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ
- *Бурлуцкая М.Ш.*
АСИМПТОТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ И СОБСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА С ИНВОЛЮЦИЕЙ
- *Быстрецкий М.В., Наимов А.Н.*
ОБ ОДНОМ КЛАССЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ СИСТЕМ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
- *Гельман Б.Д., Жук Н.М.*
О БЕСКОНЕЧНОМЕРНОЙ ВЕРСИИ ТЕОРЕМЫ БОРСУКА-УЛАМА ДЛЯ МНОГОЗНАЧНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

- Жуков Д.А.
БЕСКОНЕЧНО МАЛЫЕ MG-ДЕФОРМАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ГАУССОВОЙ КРИВИЗНЫ ПРИ СТАЦИОНАРНОСТИ ЧЕТВЕРТОЙ КВАДРАТИЧНОЙ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ ВДОЛЬ КРАЯ
- Звягин В.Г., Кузьмин М.Ю., Корнев С.В.
ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В МОДЕЛИ ФОЙГТА ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОУПРУГОЙ ЖИДКОСТИ
- Костенко К.И.
ИЗОМОРФИЗМ РАЗЛОЖЕНИЙ АБСТРАКТНЫХ ЗНАНИЙ
- Коструб И.Д.
ЧАСТОТНЫЕ ПРИЗНАКИ СУЩЕСТВОВАНИЯ, ЕДИНСТВЕННОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА
- Малюгина М.А.
ЛОКАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ ДИСКРИМИНАНТНОГО МНОЖЕСТВА СЛАБО НЕОДНОРОДНОЙ УПРУГОЙ ПЛАСТИНЫ В УСЛОВИЯХ НАРУШЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОСТИ
- Печкуров А.В.
ОБ ОБРАТИМОСТИ В ПРОСТРАНСТВЕ ШВАРЦА ОПЕРАТОРА, ПОРОЖДЕННОГО ПУЧКОМ УМЕРЕННОГО РОСТА
- Пуолокайнен Т.М.
КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОКРЫТИЕ МНОГОГРАННИКОВ КЛАССА D
- Свиридова Е.А.
МАЛЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВЯЗКОЙ СЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ С ПЕРЕМЕННОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ
- Шепилова Е.В.
О РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЯ ТИПА ШРЕДИНГЕРА С ПОСТОЯННЫМ ОПЕРАТОРОМ ПРОЕКЦИОННО-РАЗНОСТНЫМ МЕТОДОМ СО СХЕМОЙ КРАНКА-НИКОЛСОН ПО ВРЕМЕНИ
- **ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ УГЛЕРОДА В ПЛАЗМЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ ГРАФИТА

Г. В. Абрамов, А. Н. Гаврилов, Е. С. Татаркин

Воронежская государственная технологическая академия

Поступила в редакцию 6.05.2011 г.

Аннотация. Представлена модель формирования кластеров углерода в плазме электродугового разряда основанная на уравнение Власова—Максвелла с численным решением методом крупных частиц. Представлены результаты моделирования формирования кластеров по длине межэлектродного пространства, в середине и в при катодной области.

Ключевые слова: плазма, наноструктура, нанотрубки, фуллерен, метод крупных частиц

Abstract. Model of carbon clusters formation in the plasma arcdischage based on the Vlasov—Maxwell equations with the numerical solution method «particle-in-cell». The results of modeling the clusters formation of along the length of the discharge space in the middle and at the cathode region are presented.

Keywords: Plasma, nanostructure, nanotube, fullerene, particle-in-cell

ВВЕДЕНИЕ

Для определения условий механизмов роста углеродных наноструктур (фуллерен, нанотрубка) необходимо исследовать роль взаимодействий атомов углерода, происходящих в процессе их синтеза.

Одним из самых распространенных методов получения углеродных наноструктур, является метод термического распыления графитового электрода в плазме электродугового разряда при использовании среды буферного газа [1]. В плазме между электродами идет целый ряд процессов между элементами плазмы: ионизация, рекомбинация, химические реакции, механические взаимодействия и т.д. [2].

При парном взаимодействии частиц углерода (атомы, ионы или кластеры) условие образования энергетической связи можно описать правилом $E_1 + E_2 > E^*$, где E_1 , E_2 — кинетические энергии взаимодействующих частиц, а E^* — энергия активации химической связи между частицами.

Теоретическая энергия активации химической связи определяется методами квантовой химии [3] или из уравнения Аррениуса [3]. Расчет энергии активации образования кластеров

C_n методами квантовой химии не тривиальная задача, зависящая от множества параметров взаимодействующих частиц, таких как заряд, спин, ориентация в пространстве, конфигурация электронных облаков, энергий частиц и т.д. Для расчета по уравнению Аррениуса необходимо заранее знать частоту столкновений реагирующих частиц и константу скорости химической реакции, которая определяется по экспериментальным данным. Поэтому для первоначальных исследований по взаимодействию атомов углерода в плазме дугового разряда вместо энергии активации целесообразно применять энергию связи, близкую по своему физическому смыслу.

МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРЕМЕНТА

При проведении исследований взаимодействий частиц за основу математической модели была взята система уравнений Власова—Максвелла, которая позволяет описать движения частиц в плазме с дальнедействующими кулоновскими силами и получить численное решение методом крупных частиц [4].

Уравнения Власова—Максвелла записываются в виде:

$$\frac{\partial f_\alpha}{\partial t} + \vec{v} \frac{\partial f_\alpha}{\partial \vec{r}} - q \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{v}, \vec{B}] \right) \frac{\partial f_\alpha}{\partial \vec{p}} = 0, \quad (1)$$

© Абрамов Г. В., Гаврилов А. Н., Татаркин Е. С., 2011