

эффективным решением для малогабаритных антенных решёток, а также являются базисом для разработок новых более комплексных структур DGS. При применении других материалов подложки также возможна эффективная работа на более низких/высоких частотах.

Список использованных источников

1. Ghosh, C. K., Mandal B., and S. K. Parui, "Mutual coupling reduction of a dual-frequency microstrip antenna array by using U-shaped DGS and inverted U-shaped microstrip resonator," Progress In Electromagnetics Research C, 2014, Vol. 48, 61–68 с.
2. Elsheakh, D. N., Elsadek, H. A., Abdallah, E. A., Iskander, M. F., & Elhenawy, H. (2010). Low mutual coupling 2×2 microstrip patch array antenna by using novel shapes of defect ground structure. Microwave and Optical Technology Letters, 52(5), 1208–1215 с.

УДК 621.794.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАВЛЕНИЯ ДИФРАКЦИОННОГО МИКРОРЕЛЬЕФА В ПЛАЗМЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ГАЗОВОГО ЗАРЯДА

Д.В. Наумов, В.А. Колпаков

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: плазмохимическое травление, низкотемпературная плазма, плазма тлеющего разряда, диоксид кремния

В современных технологических процессах производства интегральных схем (ИС) широко распространено использование технологии нанoeлектроники. При этом требования к точности рисунка топологии в функциональном слое при изготовлении микро- и наноструктур постоянно возрастают.

Одним из важнейших технологических процессов является использование плазмохимического травления (ПХТ), которое позволяет достигать высокого качества получаемых элементов на полупроводниковых и диэлектрических подложках. Травление поверхности обрабатываемого материала производится химически активными частицами, генерируемыми в низкотемпературной плазме высокочастотного (ВЧ) разряда. Скорости объемных процессов ионизации, генерации и рекомбинации частиц, участвующих в обработке полупроводниковых материалов, определяются внутренними характеристиками ВЧ-разряда - концентрациями и функциями распределения электронов и ионов по энергиям, а также сечениями соответствующих реакций [1].

В качестве определяющей характеристики ПХТ, для которой существуют физико-математические модели можно привести скорость процесса. Выбор между диффузионной и кинетической моделями ПХТ зависит от неравенств (1) и (2). Выполнение неравенства (1) означает, что травление происходит по диффузионному механизму, в то время как неравенство (2) определяет выбор кинетической модели травления [2].

$$\frac{\left(\frac{A_W}{A_D}\right)\left(\frac{A}{A_W}\right)}{D} k^* L_d \gg 1, \quad (1)$$

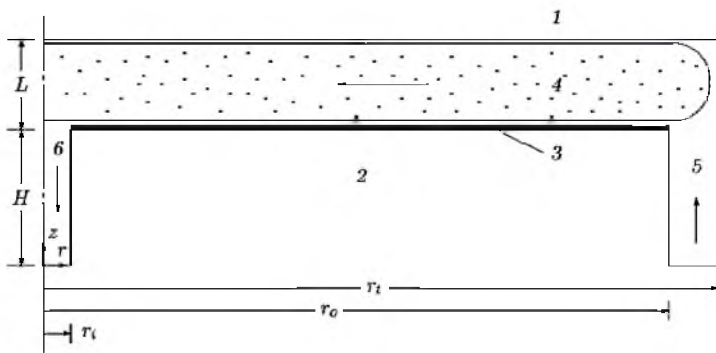
$$\frac{\left(\frac{A_W}{A_D}\right)\left(\frac{A}{A_W}\right)}{D} k^* L_d \ll 1, \quad (2)$$

где A_D – площадь сечения диффузии, см^2 ; A_W – площадь пластины, см^2 ; A – площадь травления, см^2 ; L_d – длина диффузии ХАЧ, см ; k^* – константа скорости травления, см/с ; D – коэффициент диффузии, $\text{см}^2/\text{с}$.

Математическое моделирование плазмохимического травления предоставляет широкие возможности для поиска взаимосвязей факторов, определяющих качество и скорость обработки образцов.

Данную характеристику можно исследовать с помощью машинного моделирования с использованием математического программного пакета Mathcad 15.0 с выводом графических зависимостей формул при подстановке экспериментальных параметров, соответствующих реальным процессам травления диоксида кремния в плазме.

В качестве модели можно использовать полностью загруженный плазмохимический реактор радиальной схемы (рис. 1)



1,2 – ВЧ-электроды; 3 – обрабатываемые пластины кремния; 4 – зона плазменного разряда; 5 – подача исходного газа; 6 – откачка прореагировавшей смеси

Рисунок 1 – Схема радиального плазмохимического реактора

На рисунке введены обозначения: r_t - радиус реакционной камеры реактора, L – межэлектродное расстояние, r_o - радиус нижнего электрода, r_i - радиус выходного отверстия, H - длина выходной трубки. Течение газовой смеси обозначено стрелкой и направлено к центру реактора.

Список использованных источников

1. Григорьев, Ю.Н. Влияние ВЧ-разряда на процесс плазмохимического травления кремния в CF_4/O_2 // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12, № 5. – С. 52.
2. Волков А.В., Казанский Н.Л., Колпаков В.А. Расчёт скорости плазмохимического травления кварца // Компьютерная оптика. - 2001. - вып. № 21. – С. 121-122

Наумов Дмитрий Вадимович, студент гр. 3231-110403D, 2019-01802@students.ssau.ru.
Колпаков Всеволод Анатольевич, д.ф-м.н., профессор каф. РЭС, kolpakov.va@ssau.ru.

УДК 621.3; 536.241

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ПЕЧАТНОГО УЗЛА, РАСПОЛОЖЕННОГО НА ТЕПЛОТВОДЯЩЕМ ОСНОВАНИИ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ВАКУУМА

В.А. Кутурин

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: плата печатная, метод электротепловых аналогий, вакуум, тепловое сопротивление.

Обеспечение теплового режима бортовой аппаратуры космического аппарата является крайне важной задачей, так как от условий, в которых функционирует прибор, зависят его надежность и срок существования. Таким образом, конструктору, при разработке прибора, необходимо принять ряд мер для противодействия перегреву аппаратуры. Для оценки температурного режима будущего изделия разработчик проводит расчеты согласно известным методикам, использует специализированное программное обеспечение для моделирования. И если для наземной аппаратуры можно найти утвержденные методики, рекомендации по расчету теплового режима в общем доступе, то в случае с бортовой аппаратурой данный вопрос проработан не в достаточной мере полно.

Целью проделанной работы является поиск и уточнение методики для проведения расчета теплового режима печатного узла, расположенного на теплоотводящем основании в условиях вакуума.

В ходе выполнения работы для составления тепловой модели печатного