ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Гурин Д. В.
Научный руководитель – д.т.н., проф. Невлюдов И.Ш.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. Компьютерно-интегрированных технологий, автоматизации и мехатроники, тел. +38(057) 702 14 86)
e-mail: dmytro.gurin@nure.ua

The aim is to construct a mathematical model of the process of obtaining nanostructure dielectric films obtained by ion - plasma sputtering SiO_2, Si_3N_4, $Si_xO_yN_z$, and structures based on them. To obtain a mathematical model of the quality of each film explicitly used the results obtained by us in the course of a three-factor, three-level experiment with random variation in the fourth factor - disturbing effect. During the experiment, the film was deposited at three different values of the control inputs, and all possible combinations of these values. Properties of these films are well understood, and they are widely used in semiconductor electronics.

Процесс осаждения диэлектрических пленок характеризуется следующими управляющими воздействиями: Давлением рабочего газа P, температурой подложки T и током разряда I, определяющим скорость осаждения, т.е производительность процесса. Магнитное поле остается постоянным на уровне, обеспечивающем работу распылительного элемента при минимальном давлении в камере.

Масс- спектрометрический анализ остаточного и рабочего состава газов показал, что наиболее существенное влияние на процесс осаждения и электрофизические свойства диэлектрических пленок оказывает присутствие паров воды. Поэтому, основным возмущающим воздействием нами выбрано количество паров воды, содержащейся в остаточной атмосфере подколпачного устройства.

Качество диэлектрических пленок характеризуется тремя основными параметрами: тангенсом угла диэлектрических потерь, диэлектрической проницаемостью, электрической прочностью. В установлено, что условия, соответствующие минимальному значению тангенса диэлектрических потерь (tgδ), обеспечивают получение пленок с наилучшими параметрами. В связи с этим, для управления процессом осаждения принят критерий – минимум tgδ полученных пленок при заданном возмущающем воздействии γ.

$$\frac{\min \varphi(I,P,T,\gamma)}{\gamma} = \gamma_0 \qquad (1)$$

где $\varphi(I,P,T,\gamma)$ зависимость tgδ от $I.P,T,\gamma$.

Для получения математической модели качества каждой пленки в явном виде использованы результаты, полученные ранее в ходе нами проведенного трехфакторного, трех уровневого эксперимента со случайным изменением четвертого фактора – возмущающего воздействия. В ходе эксперимента пленки осаждали при трех различных значениях управляющих воздействий и всех возможных комбинациях этих значений.

С целью получения в данном режиме осаждения пленок при возможно более равномерном распределении tgδ, в допускаемом диапазоне изменений γ от 1 до 3 условных единиц, для каждой из 27 комбинаций управляющих воздействий эксперимент повторялся 5-10 раз. Получено 700 экспериментальных значений, которые при соответствующей обработке, позволят получить по каждой диэлектрической пленке методом наименьших квадратов качества пленок

Таким образом, можно определить оптимальные управляющие воздействия, при использовании которых, обеспечивается получение диэлектрических пленок с заданными параметрами. В случае успешного решения проблемы возможно создание автоматического управления процессом, что значительно повысит воспроизводимость параметров диэлектрических пленок, позволяет сформировать алгоритм управления для АСУТП и построить функциональную схему для его реализации.

Список источников

1. Петухов В.Ю., Гумаров Г.Г. Ионно –лучевые методы получения тонких пленок. Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета // Казань, 2010.- 87 с. Издание 2-е, исправленное и дополненное. http://www.ksu.ru/f6/k5/bin_files/petukhov_ibm!33.pdf.

2. Ведерников В.А., Гурин В.Н., Данилина Т.И.Получение равномерных по толщине пленок при распылении в низковольтном пеннинговском разряде.- ПТЭ, 1976, №3. С. 243-246.

3. Гурин В.Н. Влияние проникающей плазмы на свойства диэлектрика и границы раздела полупроводник-диэлектрик при реактивном катодном распылении. Радиоэлектроника и информатика, №4 2001г., с.29-32

4. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. М.: Техносфера, 2010. – 528с

5. Гурин В.Н. « Получение и электрофизические свойства реактивно-распыленных пленок оксидов и нитридов кремния, алюминия и титана»- Дис. на соиск. степени канд. физ-мат. наук. Харьков-1981г.-184 с.