

МЕТОДИКА АНАЛИЗА СТАБИЛЬНОСТИ СВЕЧЕНИЯ СВЧ ПЛАЗМЕННОГО РАЗРЯДА, ВОЗБУЖДАЕМОГО В РЕЗОНАТОРЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

магистрант гр. 915601 Тодин П. А.

аспирант каф. ЭТТ Тихон О. И.

Научный руководитель - канд. техн. наук Мадвейко С. И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Использование интеллектуальных систем контроля состояния технологического оборудования даёт возможность путём проведения корреляционного анализа функциональных параметров прогнозировать воспроизводимость технологических процессов и оценивать стабильность работы системы в целом [1]. Актуальной задачей является реализация способов визуализации электрических и электрофизических параметров технологической системы СВЧ плазмохимической обработки полупроводниковых материалов, их автоматический анализ и использование полученной информации в составе компонентов системы поддержки и принятия решений.

Оптическое свечение СВЧ разряда является наиболее информативным параметром для анализа стабильности работы СВЧ плазмохимической системы. Поэтому этот параметр был выбран в качестве примера решения задачи визуализации первичных данных и изучения воспроизводимости процесса СВЧ плазмохимической обработки материалов микроэлектроники.

Для получения экспериментальных данных была использована СВЧ вакуумно-плазменная установка резонаторного типа, в качестве плазмообразующей среды использовался атмосферный воздух, давление в разрядной камере – 240 Па. Регистрация оптического интегрального свечения осуществлялась с помощью фотоэлектронного умножителя, импульсы с которого фиксировались на ПЭВМ аналого-цифровым преобразователем ЛА-1,5 РС1. Экспериментальные данные снимались при различной площади обрабатываемых кремниевых и металлических пластин внутри резонаторного объёма. На рисунке 1 представлены импульсы сигнала оптического свечения плазмы на различных его временных участках.

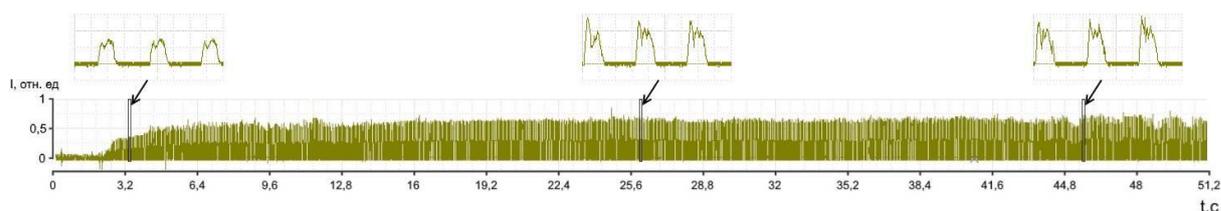


Рис. 1. Осциллограмма сигнала оптического свечения плазмы СВЧ разряда при площади 14200 мм^2 поверхности Si пластин в реакционном объёме

Метод исследования заключался в визуализации полученных данных путём построения матриц, отображающих изменение оптических импульсов во времени при различной загрузке камеры. Каждый эксперимент длительностью 60 секунд разделяется на три равные части, для которых заполняются матрицы соответствия параметров. Заполнение матриц проводится с помощью написанной на языке MATLAB программы, блок схема которой представлена на рисунке 2. Задачей программы является выбор значения уровня оптического излучения в каждый момент времени внутри импульса. Исходя из цикличности процесса генерации импульсов, делается вывод о том, что при предполагаемой стабильности протекания процесса в одинаковое время от начала каждого импульса значение оптического излучения должно быть одним и тем же, либо разброс будет тем меньше, чем стабильнее этот процесс [2].

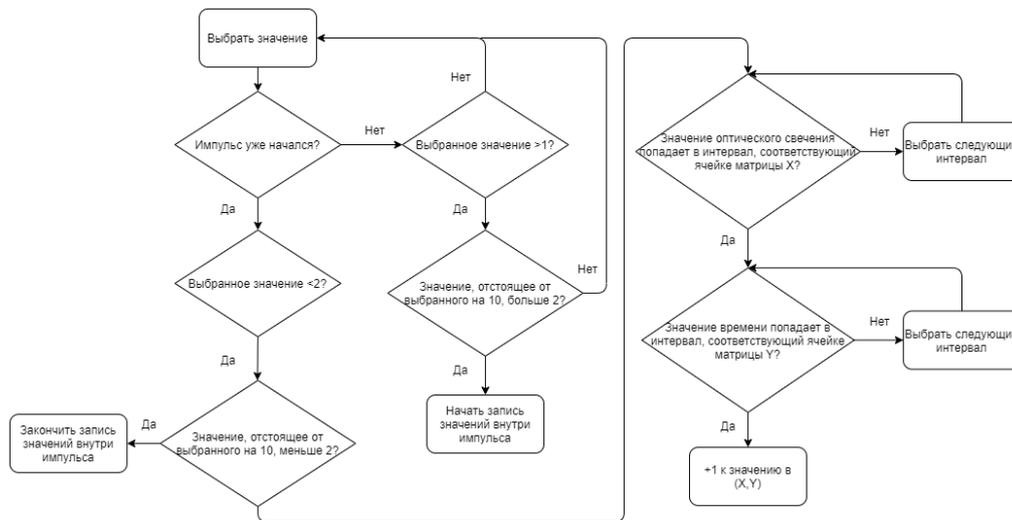


Рис. 2. Блок-схема программы, используемой для заполнения матриц соответствия параметров

Для отображения динамики процесса для различных участков осциллограммы создавались двумерные массивы данных. Импортированные в MATLAB данные хранились в виде таблицы значений. Программно по определенному алгоритму выбирались значения двух параметров для каждого момента времени, и выполнялась проверка того, в какие интервалы попадают эти значения. Элемент массива выбирался на основе этих интервалов, а в каждый его элемент (будущую ячейку матрицы) записывалось количество таких попаданий. Заполнение матриц производилось с помощью циклов программ, пример которого представлен на рисунке 3.

```

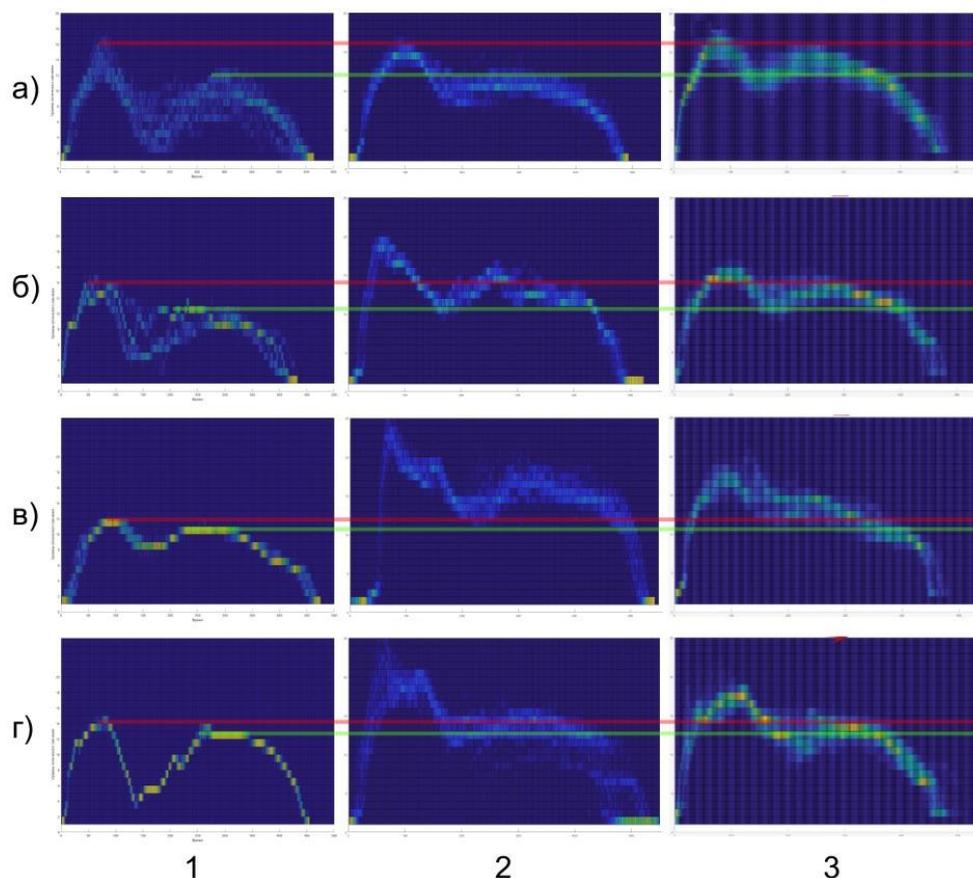
wafers86(25,550) = 0;
isStarted = false;
for a = 940000:1270000
    if(isStarted == false)
        if((Wafers86.O(a) > 1) && (Wafers86.O(a+10) > 2))
            isStarted = true;
            Kt = 0;
        end
        elseif(isStarted == true)
            if((Wafers86.O(a) < 2) && (Wafers86.O(a+10) < 2))
                isStarted = false;
            else
                Kt = Kt + 1;
                for Ko = 1:25
                    if ((d2*Ko - d2 < Wafers86.O(a)) && (Wafers86.O(a) < d2*Ko))
                        wafers86(Ko,Kt) = wafers86(Ko,Kt) + 1;
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

Рис. 3. Пример цикла заполнения матрицы для одного из временных участков

Точечные значения заменяются ячейками матрицы, суммирующими количество значений в определенном интервале и отображающими изменение их количества в различные моменты времени. Это обеспечивает более удобную визуализацию экспериментальных данных.

Визуализированные с помощью описанного метода импульсы оптического интегрального свечения СВЧ разряда представлены на рисунке 4. Экспериментальные данные представлены для случаев обработки кремниевых и металлических пластин различной площади, а также для случая расположения кремниевых пластин на металлическом основании.



а – 15000 мм²; б – 28600 мм²; в – 43000 мм²; г – 55000 мм²

Рис. 4. Диаграммы распределения амплитуд импульсов оптического свечения при различной площади поверхности:

1 – кремниевых пластин; 2 – металлических пластин;

3 – кремниевых пластин, размещенных в плазменном объеме на токопроводящем основании

Анализ импульсов оптического свечения даёт возможность оценить равномерность и стабильность процесса плазмообразования. Использование встраиваемых интеллектуальных систем контроля, способных автоматизировано выполнять подобный анализ, в составе технологических плазменных модулей может позволить оперативно принимать решения о необходимости изменении технологических режимов их работы.

Литература

1. Романова И.К. Современные методы визуализации многомерных данных: анализ, классификация, реализация, приложения в технических системах / И.К. Романова // Наука и Образование: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2016. – № 03. – С. 133–167.

2. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. – М.: «Бином-Пресс», 2006 г. – 656 с.