

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАРЯДОВЫХ СОСТОЯНИЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ КРЕМНИЕВОЙ ПЛАСТИНЫ И ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ ПОСЛЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Жаворонок И.А., Тихон О.И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Мадвейко С.И. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Представлены исследования влияния давления в вакуумной камере СВЧ плазматрона на зарядовые состояния поверхности кремниевой пластины с оксидной пленкой.

Ключевые слова: Зарядовые состояния, СВЧ плазма, кремниевая пластина.

Введение. Процесс производства полупроводниковых устройств включает в себя множество высокоточных операций, в которых может участвовать плазма. К примеру, плазменный процесс очистки и травления позволяет повысить частоту процесса и увеличить его энергоэффективность. Поэтому плазменная обработка – ключевой процесс в поверхностной обработке полупроводниковых структур.

Для каждого конкретного процесса СВЧ плазмохимического взаимодействия материала с поверхностью твердого тела существуют определенные сочетания разрядных условий, обеспечивающих максимальные скорости плазмохимического взаимодействия плазменных частиц с поверхностными слоями материала [1].

Плазмохимическая обработка предполагает непосредственное взаимодействие заряженных частиц из плазмы с поверхностью обрабатываемых материалов. В таком случае вероятно образование зарядовых состояний в поверхности пластин, что является дефектом и может негативно сказаться на параметрах изделия.

Главный интерес представляет поиск оптимальных параметров, обеспечивающих минимальное влияние заряженных состояний на параметры субмикронных структур в случае обработки пластин плазмой СВЧ разряда. Одним из основных параметров процесса СВЧ плазмохимического травления и очистки материалов является величина давления в разрядной области [2].

Основная часть. Исследование проводилось с использованием СВЧ плазматрона резонаторного типа, построенного на базе СВЧ микроволновой печи [3]. Мощность, подводимая к СВЧ магнетрону, составляла 1890 Вт. В процессе исследований в плазменный объем помещалась кремниевая пластина с окисным слоем на ее поверхности. Используемый плазмообразующий газ – воздух.

Для измерения зарядовых состояний в данной работе использовался метод вольт-фарадных измерений, в основе которого лежит хорошо проработанная и многократно подтвержденная практикой теория формирования в приповерхностной области полупроводников пространственного заряда и связанных с ней емкостей под воздействием приложенной к этой структуре потенциала (напряжения) [4].

Вольт-фарадные методы измерения параметров полупроводников основаны на определении зависимости емкости структуры, обусловленной наличием объемного заряда в приповерхностной области полупроводника, от приложенного к ней напряжения. На структуру подаются два электрических сигнала. Первый – это постоянное напряжение (напряжение смещения), которое обеспечивает поддержку рабочей точки прибора, и второй – переменное напряжение малой амплитуды (измерительный сигнал), необходимое для измерения собственно емкости структуры [4].

Измерение вольт-фарадных характеристик проводились с применением индиевого зонда, так как индий металл мягкий и позволяет лучше сохранять поверхность структуры в ходе измерений.

Исследуемая полупроводниковая пластина помещалась на столик, выступающий отдельным контактом, с другой стороны, она прижимается индиевым зондом. После чего производилось измерение вольт-фарадной характеристики для МОП-структуры.

Для исследования использовалась кремневая пластина, поделенная на несколько маленьких частей, которые затем обрабатывались при различных режимах в течение сорока секунд. Измерения проводились в 5-ти точках для каждого образца. Средние значения для каждого образца представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зарядовые состояния пластин, обработанных при различном давлении

Мощность, Вт	Давление, Па	$Q_{ss} * 10^6, \text{ Кл/см}^{-2}$
1890	80	0,97
	133	0,19
	200	0,44
	260	1,09

По полученным результатам построен график зависимости зарядовых состояний от давления в реакционно-разрядной камере (рисунок 1).

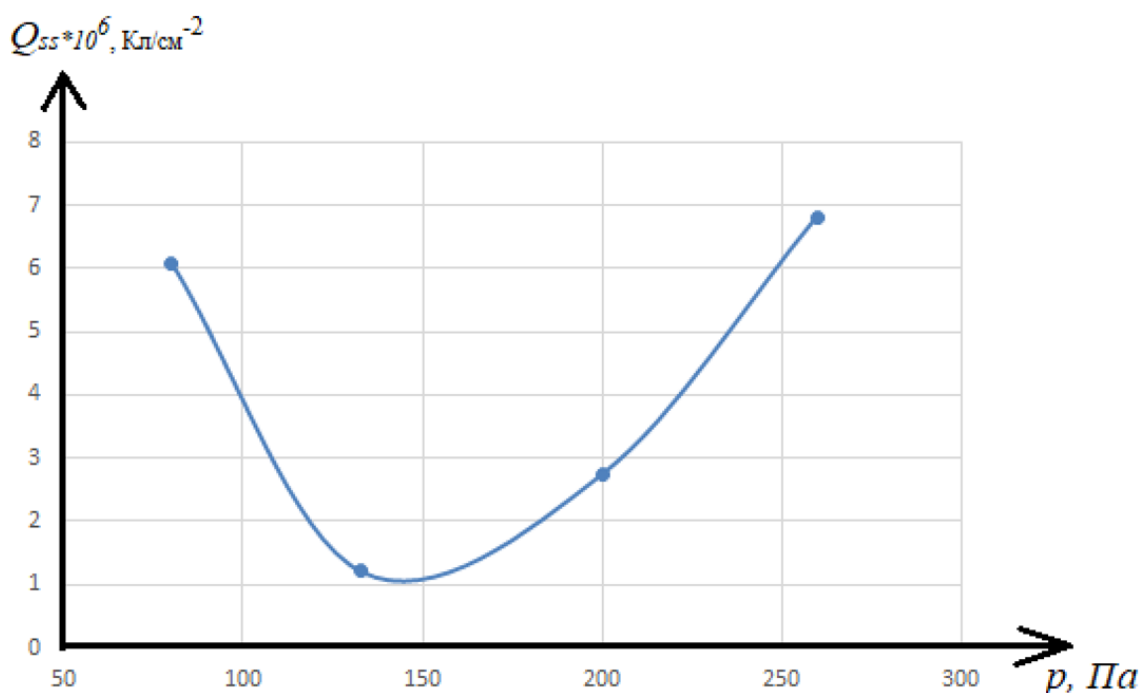


Рисунок 1 – Зависимость зарядовых состояний от давления

Из представленной зависимости видно, что наблюдается явный оптимум давления, при котором получаемые на выходе пластины имеют минимальный заряд в поверхностном слое.

Заключение. Экспериментально установлено, что для исследованных условий, при обработке полупроводниковых структур в плазме СВЧ разряда имеется оптимальное давление (≈ 140 Па), при котором зарядовые состояния в поверхностном слое структуры будут минимальны. Результаты можно использовать при разработке новых технологических процессов и модернизации существующих.

Список литературы

1. Мак – Доналд, А. *Сверхвысокочастотный пробой в газах.* / Пер. с англ. М. М. Савченко, А. Г. Франк. Под ред. М. С. Рабиновича. – М.: Мир, 1969, – 213 с.
2. Достанко, А.П. *Плазменные процессы в производстве электронной техник.* В 3 т. Т. 3 / А.П. Достанко, С.В. Бордусов, И.В. Свадковский и др. ; Под общ.ред. А.П. Достанко. Мн. : ФУ Аинформ, 2001. 244 с. – Врно, 2007.
3. *Трехфазный импульсный источник питания СВЧ магнетрона средней мощности технологического назначения: дипломная работа / И. А. Жаворонок.* – Минск : БГУИР, 2021, – 106 с.
4. Гурин, Н. Т. *Исследование полупроводниковых структур методом вольт-фарадных характеристик : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Микроэлектроника» / сост. д. ф.-м. н., проф. Н. Т. Гурин.* – Ульяновск : УлГУ, 2016. – 51 с.

UDC 533.9.07

INVESTIGATION OF CHARGE STATES IN THE SURFACE LAYER OF A SILICON WAFER AND OXIDE FILM AFTER PLASMA-CHEMICAL TREATMENT

Zhavaranak I.A., Tsikhan O.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Madveika S.I. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ETT

Annotation. Investigations of the effect of pressure in the vacuum chamber of a microwave plasmatron on the charge states of the surface of a silicon wafer with an oxide film are presented.

Keywords: charge states, microwave plasma, silicon wafer.