

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ НИТРИДА КРЕМНИЯ

Кабак Т.В.

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

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

Аннотация. Рассмотрены схемы реакторов технологического оборудования индуктивно-связной плазмы с объемным расположением подложек, с помощью которых возможно проводить обработку поверхности нитрида кремния, направленные на получение гладкой морфологии с высокой анизотропией слоев.

Ключевые слова: плазменное травление, плазменный реактор, нитрид кремния

Введение. В настоящее время интерес в исследованиях по обработке нитрида кремния продолжает расти в связи с перспективами использования платформ из нитрида кремния в радиофотонике для создания схем интегральной фотоники и высоким значением материала для современного процесса изготовления флэш-памяти трехмерного типа [1,2,3].

В упомянутых случаях критическую важность имеет качество получаемой поверхности нитрида кремния и селективность травления. Именно применение плазменного травления дает возможность обеспечить высокую степень анизотропии и селективности травления по сравнению с другими видами обработки материалов.

Основная часть. Оборудование для плазменной обработки классифицируется по механизму воздействия плазмы на обрабатываемый материал и среду. В основе классификации лежит выделение трех основных механизмов обработки с использованием плазмы: ионного, плазмохимического и ионно-химического (иногда называемого реактивно-ионным). Однако практически во всех случаях плазменное технологическое оборудование можно представить в виде типовой структуры, состоящей, как правило, из следующих блоков [4]:

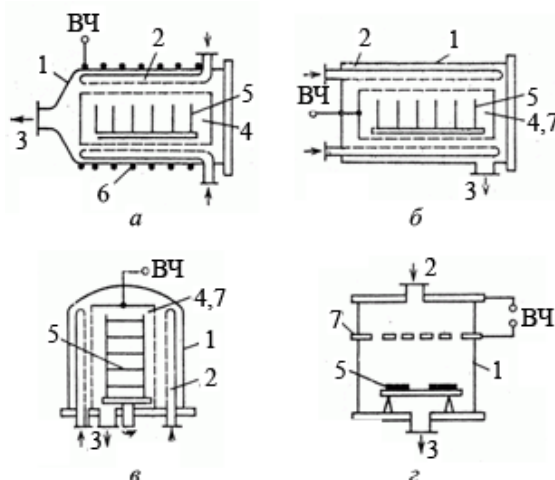
- реактора или блока из нескольких реакторов;
- вакуумной системы низкого или высокого вакуума;
- одного или нескольких источников питания для создания плазмы;
- газовой системы, состоящей обычно из нескольких газовых магистралей для различных газов или их смесей;
- системы контроля, управления и стабилизации параметров, последнее время в микропроцессорном исполнении;
- системы автоматической загрузки и выгрузки пластин со шлюзовой камеры;
- различного рода автоматических систем контроля.

Плазменные реакторы представляют собой технологическую разрядную камеру пониженного давления, в которой осуществляются операции нанесения, травления или очистки поверхностных слоев обрабатываемых изделий. Конструктивные особенности реакторов в первую очередь определяются механизмом взаимодействия активных частиц со средой и обрабатываемой поверхностью. Чаще всего реакторы имеют цилиндрическую форму и выполняются из кварца.

Подробнее рассмотрим реакторы для радикального травления, так как именно с использованием реакторов подобного типа проводятся актуальные исследования селективного травления нитрида кремния.

Обрабатываемые пластины вынесены из плазмы и химически активные частицы, обрабатываемые в плазме, доставляются к ним газовым потоком или диффузией. В таких реакторах зона плазмы и реакционная зона обычно конструктивно выделены в отдельные камеры, обрабатываемые пластины вынесены из плазмы и химически активные частицы, обра-

батывающиеся в плазме, доставляются к ним газовым потоком или диффузией. Некоторые конструктивные решения реакторов для радикального травления схематично изображены на рисунке 1[4].



1 – вакуумная камера; 2 – коллектор (отверстие) для подачи газа; 3 – откачное отверстие; 4 – перфорированный цилиндр; 5 – обрабатываемые подложки; 6 – индуктор; 7 – перфорированные электроды

Рисунок 1 – Схематическое изображение реакторов для радикального травления[4]:

Процесс радикального травления может осуществляться в цилиндрических реакторах с профилированным цилиндром-вкладышем. В таких реакторах зона плазмы окружает реакционную зону и химически активные частицы доставляются к подложкам диффузией.

Возможно проведение процесса также в реакторах, в которых плазменная зона не охватывает реакционную зону и химически активные частицы доставляются к подложкам диффузией. В них используют поток газа из области плазмы в реакционную зону к обрабатываемым подложкам. В таких реакторах зона плазмы и реакционная зона обычно конструктивно выделены в отдельные камеры.

Реакторы обоих типов схематично представлены на рисунке 1. Каждый тип различается расположением элементов, способом загрузки подложек, выводом и откачкой газа, способом возбуждения плазмы.

В некоторых случаях типовые решения конструкций реакторов для плазменной обработки не позволяют достичь поставленных целей и для исследований применяются доработанные решения плазменных реакторов. В частности, в исследованиях [2,3], направленных на получение гладкой морфологии поверхности нитрида кремния используется реактор, схематическое изображение конструкции которого отображено на рисунке 2.

На рисунке 2 схематично изображена конструкция реактора радикального травления. Выполняются подобные реакторы в цилиндрической форме из кварца. Конструкция имеет наибольшее сходство с типовым решением, изображенным на рисунке 1, г. Тем не менее конструкция реактора имеет существенные отличия. Для плазмохимической обработки в упомянутых исследованиях используется индуктивно-связная плазма, потому источником возбуждения плазмы в реакторе являются катушки индуктивности. Также отличительной чертой является наличие нагревателя. В некоторых исследованиях [3] отмечается положительное влияние термических процессов на скорость травления и гладкость морфологии поверхности.

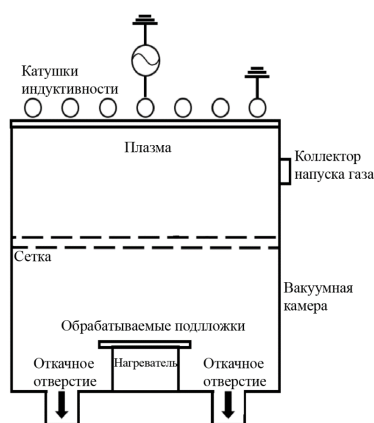


Рисунок 2 – Схематическое изображение реактора индукционно-связанной плазмы[3]

Обработываемая подложка на нагревателе располагается внизу камеры, там же по обе стороны от подложки расположены откачные отверстия. В отличие от типового решения, конструкция которого изображена на рисунке 1, г, сверху на фланце располагаются катушки индуктивности, а коллектор для подачи газа располагается в корпусе реактора.

В центре камеры расположена двойная сетка с множественными отверстиями для экранировки обрабатываемых пластин от воздействия заряженных частиц

Исследования [2,3] с применением реакторов подобного типа демонстрирует хорошие результаты по получению более гладкой морфологии поверхности нитрида кремния.

Заключение. В актуальных исследованиях, направленных на получение гладкой морфологии с высокой анизотропией слоев при обработке поверхности нитрида кремния, используются реакторы индуктивно-связанной плазмы радикального травления со следующими конструктивными особенностями: камера реактора разделена двойной сеткой с множественными отверстиями, обрабатываемая подложка располагается на нагревателе, по обе стороны от подложки располагаются откачные отверстия.

Список литературы

1. Разработка и создание элементов радио- и квантовой интегральной фотоники на платформе из нитрида кремния / А. И. Проходцов [и др.] // Фотон-экспресс. – 2021. – №6 (174). С. 171–172.
2. Applications and mechanisms of anisotropic two-step Si₃N₄ etching with hydrogen plasma conditioning / Y. Rui [et al.] // Journal of Vacuum Science & Technology A Vacuum Surfaces and Films. – 2023. – Vol. 41, № 2.
3. Selective etching of silicon nitride over silicon oxide using ClF₃/H₂ remote plasma / W. Lee [et al.] // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12, № 1
4. Физико-технические основы разработки технологических модулей электронно-оптического оборудования : учебн.-метод. комплекс : Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; авт.-сост. С. В. Бордусов, С. И. Мадвейко, М. С. Лушакова. – Минск, 2017.

UDC 621.313.534:661.8'065

ANALYSIS OF FEATURES OF EQUIPMENT FOR PLASMA TREATMENT OF SILICON NITRIDE SURFACE

Kabak T.V.

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. The article considers the schemes of reactors for technological equipment of inductively coupled plasma with a three-dimensional arrangement of substrates. A scheme of the design of the reactor is presented, with the help of which current studies are carried out aimed at obtaining a smooth morphology and high anisotropy of vertical layers with respect to horizontal ones during inductively coupled plasma processing of silicon nitride.

Keywords: plasma etching, plasma reactor, silicon nitride