

С.В. Бордусов

ДИАГНОСТИКА УДАЛЕНИЯ ФОТОРЕЗИСТА С ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖЕК ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ПЛАЗМОЙ СВЧ-РАЗРЯДА В КИСЛОРОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ПРОЦЕССА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220027, Республика Беларусь*

Введение

Обработка материалов и изделий электронной техники с использованием плазмы СВЧ-разряда получает в последнее время все более широкое распространение.

Важной задачей, которая при этом должна решаться, является обеспечение оперативного контроля за протеканием плазменных процессов с целью сокращения времени контакта обрабатываемой поверхности с плазменными частицами при условии полного завершения необходимых плазмохимических реакций.

Одним из известных методов контроля за протеканием процессов плазмохимического травления материалов [1], позволяющим получать достоверную оперативную информацию о характере протекания гетерогенных и гомогенных газоплазменных реакций, является эмиссионно-спектральный метод.

Данная работа посвящена спектральному исследованию процессов деструкции фоторезистивных покрытий в кислородной плазме СВЧ-разряда, формируемой в разрядных системах больших объемов.

Методика эксперимента и результаты

Исследования проводились с использованием СВЧ-плазмотрона резонаторного типа, собранного на базе согнутого в кольцо прямоугольного волновода, имеющего на внутренней поверхности отверстия для поступления СВЧ-энергии в резонирующую область.

По оси волновода располагалась кварцевая реакционно-разрядная камера (реактор), в которой в условиях вакуума возбуждался газовый разряд и проводилась плазменная обработка. Подача плазмообразующего газа и загрузка подложек осуществлялись через съемную вакуумплотную крышку, закрывающую реактор с одного торца. Вакуумирование и откачка продуктов плазменных реакций проводилась через вакуумплотное фланцевое соединение, закрывающее противоположный торец реактора.

Фотоэлектрическая регистрация спектра в интервале длин волн $\lambda=360-900$ нм осуществлялась с помощью монохроматора ЗМР-3, у которого фотоприемником служил ФЭУ-79.

В качестве плазмообразующей среды использовался технически чистый кислород.

Исследования проводились с кремниевыми подложками $\varnothing 100$ мм с нанесенными на их поверхность фоторезистами ФП-РН-7, ФП-383, AZ-1350J, прошедшими процесс стандартной обработки.

Спектральная диагностика плазменных процессов показала, что контроль за удалением фоторезиста можно проводить как по изменению интенсивности полосы СО ($\lambda=519,82$ нм), так и по линиям ОI ($\lambda=777,7$ нм; $\lambda=844,6$ нм) [2].

Однако для процессов СВЧ-плазмохимической обработки при регистрации спектров излучения

были получены результаты, отличающиеся от данных плазмохимического удаления фоторезиста в кислородной плазме ВЧ-разряда.

На рис. 1 представлены относительные интенсивности свечения полосы CO ($\lambda=519,82$ нм) в зависимости от количества обрабатываемых кремниевых подложек с фоторезистом, полученные экспериментально на ВЧ-разрядной установке 08 ПХО 100Т-001 – кривая 1; рассчитанные по данным работы [3] – кривая 2; полученные экспериментально на исследуемом плазмотроне – кривая 3.

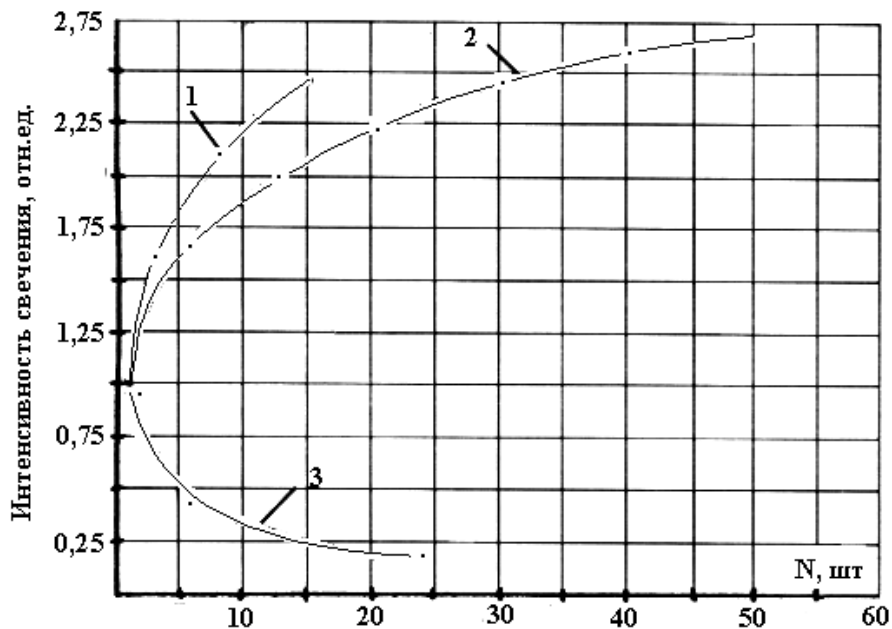


Рис. 1. Зависимость интенсивности свечения CO ($\lambda=519,82$ нм) от количества подложек в реакторе.

На рис. 2 представлен характер изменения интенсивности свечения линии OI ($\lambda=844,6$ нм) в процессе СВЧ-плазмохимического удаления фоторезиста при разном количестве одновременно обрабатываемых подложек. Для одной подложки – кривая 1, для трех подложек – кривая 2, для пяти подложек – кривая 3.

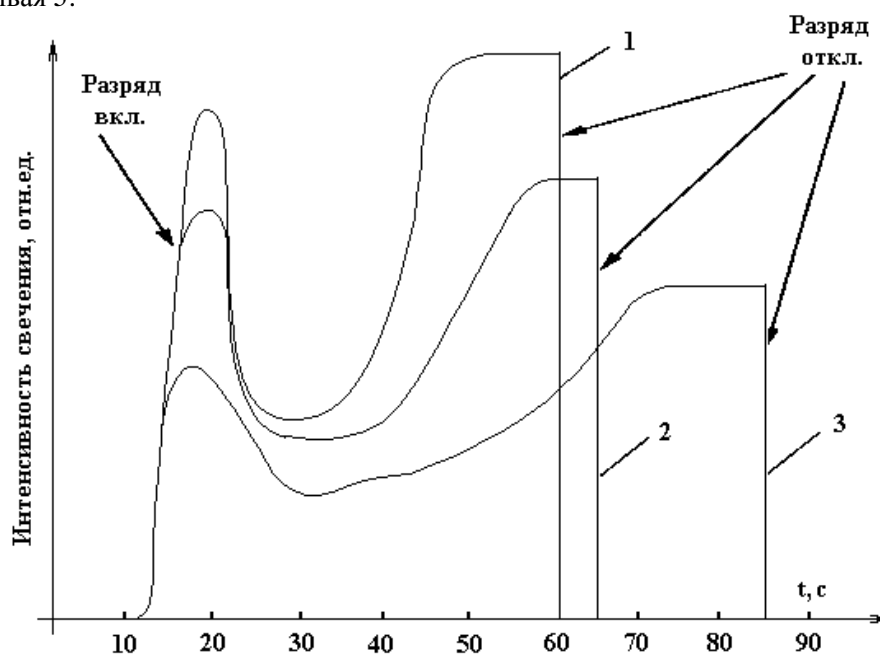


Рис. 2. Характер изменения интенсивности свечения линии OI ($\lambda=844,6$ нм) в процессе удаления фоторезиста с различного количества подложек.

Как видно из приведенных зависимостей, с увеличением количества одновременно обрабатываемых в плазме СВЧ-разряда кремниевых подложек наблюдается снижение интенсивности регистрируемых оптических сигналов не только в процессе плазменной деструкции фоторезиста, но и после полного удаления органического материала из объема реакционно-разрядной камеры. При этом установлено, что характер изменения относительных скоростей удаления фоторезиста в кислородной плазме СВЧ- и ВЧ-разряда в зависимости от числа кремниевых подложек идентичен, что свидетельствует об одинаковом механизме процессов деструкции органических соединений, состоящем в разложении сложных молекулярных соединений в процессе взаимодействия с активированным кислородом на H_2O , CO_2 , CO .

На рис. 3 представлены изменения относительных интенсивностей свечения линии ОI ($\lambda=844,6$ нм) разряда в кислороде в зависимости от числа чистых кремниевых пластин в разрядной камере установки 08 ПХО 100Т-001 (кривая 1) и исследуемом СВЧ-плазмотроне (кривая 2).

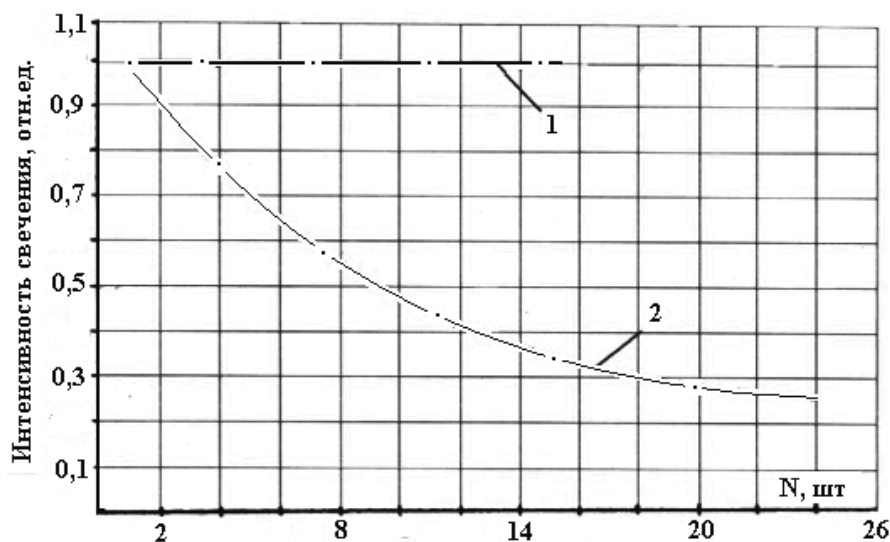


Рис. 3. Зависимость интенсивности свечения линии ОI ($\lambda=844,6$ нм) от количества одновременно обрабатываемых подложек без фоторезиста.

Анализ полученных экспериментальных результатов позволяет сделать вывод о том, что величина СВЧ-мощности, затрачиваемая на поддержание разряда, зависит от количества находящихся в зоне обработки кремниевых подложек. Этот эффект может быть объяснен частичным поглощением СВЧ-мощности материалом подложек, обладающим высоким тангенсом угла диэлектрических потерь. В связи с установленной спецификой проявления эффекта “загрузки”, при обработке в объеме кислородной плазмы СВЧ-разряда небольших партий полупроводниковых подложек контроль за удалением фоторезиста целесообразно проводить по изменению интенсивности полосы СО ($\lambda=519,82$ нм), а в случае обработки большого количества подложек – по линиям ОI ($\lambda=777,7$ нм; $\lambda=844,6$ нм).

Качественное совпадение проявления эффекта “загрузки” для процессов удаления фоторезиста в кислородной плазме СВЧ- и ВЧ-разрядов позволяет сделать вывод об одинаковой природе процесса удаления органических покрытий в разных типах разряда, в основе которого лежат химические превращения материала пленки под действием активных плазменных частиц.

Заключение

При проведении процессов СВЧ-плазмохимического удаления фоторезистивных покрытий с поверхности кремниевых подложек интегральных схем для спектральной индикации момента окончания травления небольших партий подложек целесообразно использовать контроль за интенсивностью полосы СО ($\lambda=519,82$ нм), а в случае обработки большого количества подложек – линии ОI ($\lambda=777,7$ нм; $\lambda=844,6$ нм).

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин Б.С., Киреев В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. М., 1987.

2. Босьяков М.Н., Бордусов С.В., Грушецкий С.В. Спектральный контроль процесса удаления фоторезиста в объеме плазмы СВЧ-разряда // Электрон. техника. Сер.3. Микроэлектроника. 1986. Вып. 4 (234). С. 304.

3. Stafford B.B., Gorin G.J. Optical emission end-point detection for monitoring oxygen plasma photoresist stripping // Solid State Technol. 1977. Vol. 20. № 9. P. 51–55.

Поступила 16.08.2000

Summary

The experimental results of examination of the optical emission of microwave plasma discharge in oxygen, performed in order to determine the spectral lines, peculiar to the process of the plasma chemical removal of the photoresist masks, are submitted. It is determined, that due to the specific manifestation of the “loading” effect when processing the silicon substrates in the microwave plasma discharge, the control of the process of removing photoresist from small batches of substrates should be performed by controlling the intensity fluctuations of the strip CO ($\lambda=519,82$ nm), and in case of processing the large quantity of substrates – as per the line OI ($\lambda=777,7$ nm; $\lambda=844,6$ nm).

J.L. Patel, N. Saka

MICROPLASMIC CERAMIC COATING

*Microplasmic Corporation,
17 Esquire Drive, Peabody, MA, USA*

Introduction

The practice of anodizing, or controlled oxidation, of aluminum and aluminum alloys is more than seven decades old. The primary intent of anodizing aluminum and alloy parts is to protect the highly reactive surface against corrosion in aqueous environments, such as humid air and sea water. Because the anodic coating can be produced in a variety of colors, painted anodized parts are used in architectural applications. Furthermore, because the anodization process produces a hard ceramic coating, many times harder than that of the substrate from which it is formed, anodic coatings are also used to protect aluminum parts from abrasion, especially sand abrasion.

Traditional Anodizing

Traditional anodizing is an electrochemical oxidation process. The part to be anodized is connected to the positive terminal of a Direct Current (DC) power source and a nonreactive metal, such as stainless steel, is connected to the negative terminal. The aluminum part, or the anode, and the stainless steel cathode are immersed in an electrolytic bath and a DC voltage is applied across them. The potential difference is of the order of 20–100 V and the current densities are 1–10 A/dm².

The electrolytic baths comprise aqueous solutions of chromic acid, orthophosphoric acid, sulfuric acid, oxalic acid, or combinations thereof. Because the electrolytic baths have appreciable resistivity and because the anodization process itself is exothermic the temperature of the electrolytic bath increases greatly during anodizing.

Since the anodizing process is quite sensitive to temperature, the bath temperature is controlled rather closely by heat exchanger or refrigeration equipment. Today's advanced anodizing technologies include several proprietary hard anodizing processes that employ a wide range of electrolyte compositions, operating conditions and a limited aluminum alloy compositions.

The type and thickness of coating obtained greatly depends on the composition of the electrolytic bath, operating conditions and alloy compositions. The military specification MIL-A-8625F, for example, alloys for non architectural applications.