

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ РАЗРЯДОВ В УГЛЕРОД- И ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ, ФОРМИРУЕМЫХ ТОРЦЕВЫМ ХОЛЛОВСКИМ УСКОРИТЕЛЕМ

Шевчик Е.В.

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

Научный руководитель: Телеш Е.В. – старший преподаватель

Аннотация. Исследован плазменный разряд в торцевом холловском ускорителе, определено влияние состава и давления рабочего газа на вольтамперные характеристики разряда. Добавка фреона позволила снизить напряжение зажигания разряда с 80 до 60 В. Определен состав плазмы с применением эмиссионной спектроскопии.

Ключевые слова: фторуглеродные покрытия, плазменный разряд, торцевой холловский ускоритель, эмиссионная спектроскопия плазмы.

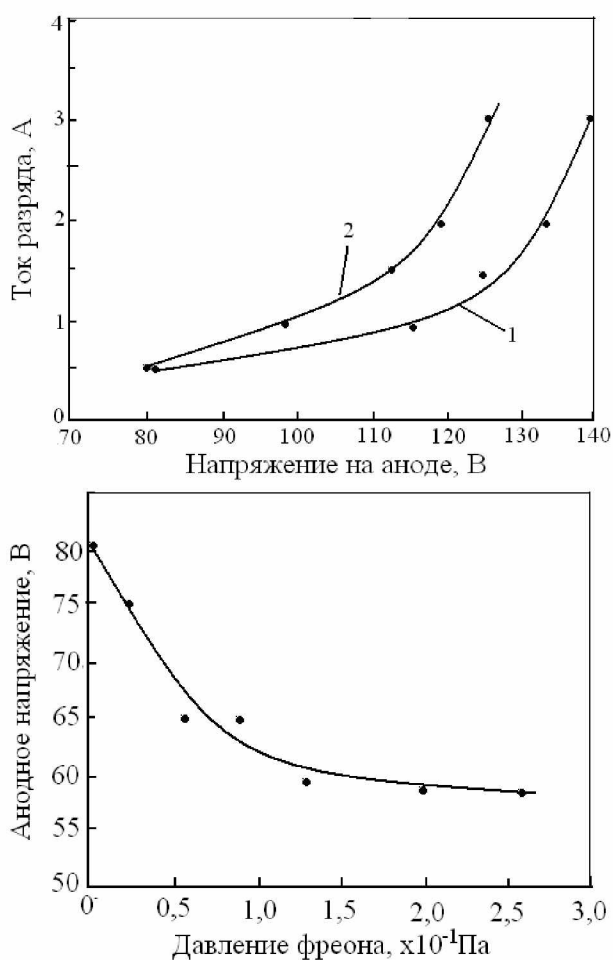
Введение. Фторуглеродные тонкие пленки в настоящее время применяются в качестве low-k диэлектриков, оптических покрытий с низким коэффициентом преломления, гидрофобных, антифрикционных, биосовместимых, антимикробных, защитных, химически стойких покрытий и т.п. [1]. Для синтеза фторуглеродных покрытий с использованием плазменных разрядов в углерод- и фторсодержащих газах наиболее часто применяются ВЧ плазмохимическое осаждение, индуктивно-связанная плазма (ИСП), импульсная плазма высокой плотности, которые требуют сложных блоков питания и устройств для согласования ВЧ мощности [2]. Для управления электрофизическими, оптическими и механическими свойствами формируемых пленок необходимо изменять энергию, величину, состав и направленность потока осаждаемых частиц. Такими возможностями обладает метод осаждения пленок из ионных пучков. Ускорение ионов до требуемой энергии и формирование пучка осуществляются в ионно-оптической системе источника ионов, при этом энергия ионов определяется лишь ускоряющим напряжением источника. Пространственная направленность при условии малой расходимости ионного пучка позволяет проводить нанесение пленок на структуры сложного профиля. Доля ионной компоненты в потоке осаждаемого вещества достигает 100 %, что позволяет осуществлять строго дозированный перенос вещества к подложке посредством контроля плотности тока ионов пучка в процессе осаждения. В качестве ионных источников целесообразно использовать торцевой холловский ускоритель (ТХУ). Потенциал зажигания разряда ТХУ составляет всего 35 – 60 В. Применение ТХУ позволит упростить процесс осаждения, повысить его управляемость.

В данной работе будут исследованы характеристики плазменного разряда в ТХУ при различном составе рабочего газа, состоящего из метана и фреона.

Основная часть. Экспериментальные исследования проводили на модернизированной установке вакуумного напыления ВУ-1А, оснащенной ионным источником на основе ТХУ и системой эмиссионного спектрального анализа. Измерение спектра излучения плазменного разряда осуществляли в диапазоне 190...1100 нм с использованием спектрометра SL 40-2-2048 ISA. Оптический сигнал от ионного пучка передавался через смотровое окно из кварца и световод. В качестве рабочих газов использовались метан и фреон C₃F₈. Были проведены измерения параметров ионных потоков, формируемых ускорителем. Остаточный вакуум не превышал значений $4 \cdot 10^{-3}$ Па. Рабочее давление было в диапазоне $(2 - 4) \cdot 10^{-1}$ Па. Напряжение анода было 60 – 150 В, ток разряда при этом составлял 0,5 – 3 А. Установлено, что при отсутствии фреона в рабочем газе минимальное напряжение на аноде, при котором возникал плазменный разряд,

составляло ~ 80 В (рис. 1, а). Ток разряда монотонно увеличивался в диапазоне значений анодного напряжения 80 – 115 В. Дальнейшее повышение напряжения вызвало резкий рост тока разряда. Это можно объяснить ростом концентрации ионов углерода и водорода при увеличении средней энергии электронов, которая составляет 0,6 – 0,8 от анодного напряжения (энергия ионизации С составляет 11,25 эВ, Н – 13,6 эВ).

Добавка фреона привела к снижению анодного напряжения, необходимого для зажигания плазменного разряда с 80 до 60 В (рис. 1, б). Имела место также стабилизация тока разряда в диапазоне напряжения на аноде 70 – 120 В (рис. 2). Фторуглеродные соединения являются электроотрицательными газами, поэтому с образованием в разряде положительных ионов, возможно появление и отрицательных ионов фтора, CF_3^- и др., что может привести к процессам рекомбинации с положительными ионами.

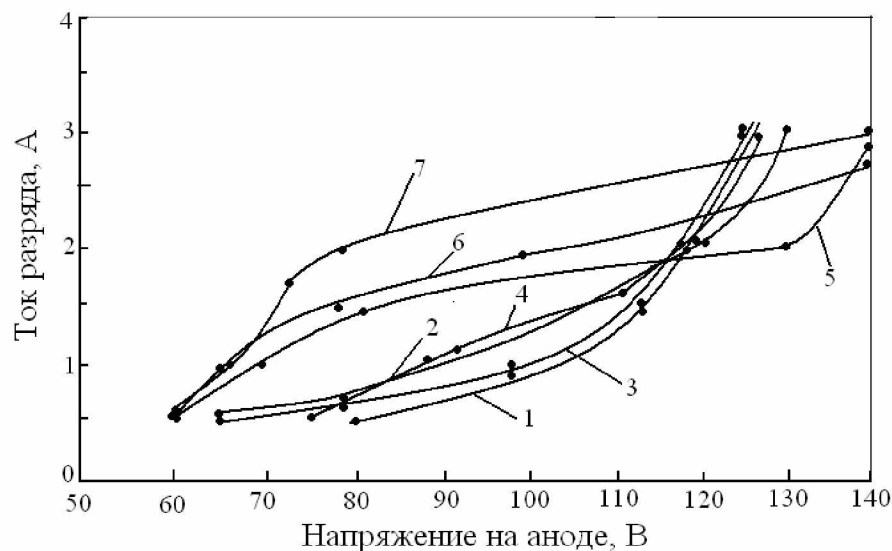


1 – $P = 2,66 \cdot 10^{-1}$ Па; 2 – $P = 4 \cdot 10^{-1}$ Па

а

б

Рисунок 1 – Вольт-амперные характеристики плазменного разряда (а) и зависимость анодного напряжения, необходимого для зажигания плазменного разряда, от парциального давления фреона (б)



1– $P_{CF} = 0$; 2– $P_{CF} = 2,6 \cdot 10^{-2}$ Па; 3– $P_{CF} = 5,3 \cdot 10^{-2}$ Па.; 4– $P_{CF} = 9,3 \cdot 10^{-2}$ Па;
5– $P_{CF} = 1,3 \cdot 10^{-1}$ Па; 6– $P_{CF} = 2,0 \cdot 10^{-1}$ Па; 7– $P_{CF} = 2,6 \cdot 10^{-1}$ Па

Рисунок 2 – Вольт-амперные характеристики плазменного разряда при различном содержании фреона

Оптическая спектроскопия показала, что в плазменном разряде присутствуют линии свечения атомов Н, С, F радикалов и отрицательных ионов CF_3 . Также в спектре наблюдались пики от ионов азота и атомов кислорода из остаточной атмосферы (рис. 3). Содержание фреона в рабочем газе составляло $2,0 \cdot 10^{-1}$ Па.

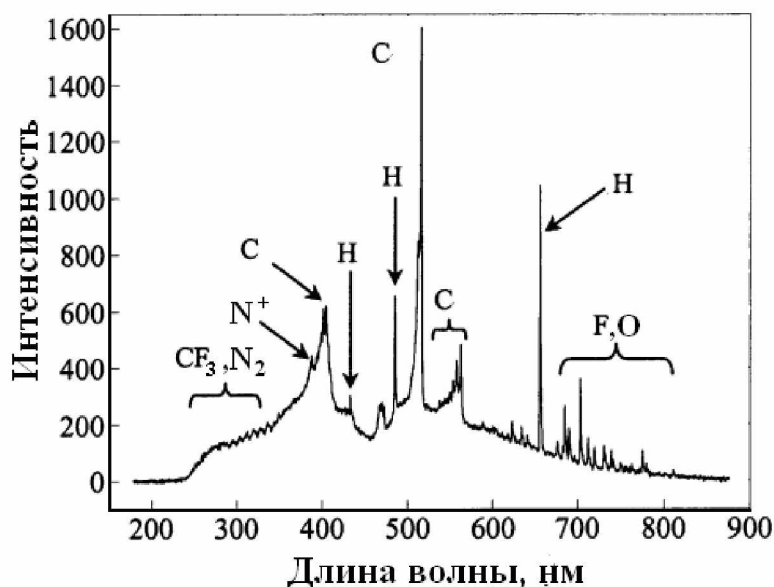


Рисунок 3 – Спектр излучения плазменного разряда

Заключение. Проведенные исследования позволили определить влияние состава и давления рабочего газа на вольтамперные характеристики разряда. Установлено, что добавка фреона позволила снизить напряжение зажигания разряда с 80 до 60 В. Определен состав плазменного разряда с применением эмиссионной спектроскопии.

Список литературы

1. Weber, A. *Electrical and optical properties of amorphous fluorocarbon films prepared by plasma polymerization of perfluoro-1,3-dimethylcyclohexane*/ A. Weber, R. Pockelmann, C.-P. Klages // *Journal of Vacuum Science & Technology A Vacuum Surfaces and Films*. – 1998. – 16(4). – PP. 2120 – 2124.
2. Jacobsohn, L.G *Film growth and relationship between microstructure and mechanical properties of a-C:H:F films deposited by PECVD* /L.G Jacobsohn, D. F. Franceschini // *Diamond and Related Materials*. – 2001. – 10(2). – PP. 125 – 131.

UDC 621.793.18

STUDY OF PLASMA DISCHARGES IN CARBON- AND FLUORINE-CONTAINING GASES FORMED BY AN END HALL ACCELERATOR

Shevchik E.V.

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

Telesh E.V. – senior lecturer

Annotation. A plasma discharge in an end Hall accelerator has been studied, and the influence of the composition and pressure of the working gas on the current-voltage characteristics of the discharge has been determined. The addition of freon made it possible to reduce the discharge ignition voltage from 80 to 60 V. The composition of the plasma was determined using emission spectroscopy.

Keywords. Fluorocarbon coatings, plasma discharge, end Hall accelerator, plasma emission spectroscopy