

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОИОНИЗАЦИИ ГАЗА

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

Тихон О. И.

Мадвейко С.И. – к.т.н., доцент

В условиях производства микро- и нанoeлектроники актуальной является проблема поиска способов увеличения производительности труда и модификации существующих технологических процессов. Стандартным путём для решения подобных задач является повышение мощности используемого технологического оборудования. В качестве альтернативы возможно использование методов предварительной активации реализуемых процессов, например путём фотоионизации рабочего газа, позволяющих увеличить их эффективность.

В современной микроэлектронной промышленности существует потребность в применении более эффективных технологических процессов плазмохимической обработки материалов, позволяющих повысить качество изготавливаемых изделий электронной техники. Рост эффективности может быть достигнут за счёт увеличения концентрации, а также активности электронов, ионов и прочих активных частиц, участвующих в процессе плазменной обработки. Интерес в этом случае представляют исследования процессов нетермической активации плазмообразующего газа, при которых происходит его переход в ионизированное состояние до поступления в рабочую зону плазменной установки. К операциям, способным реализовать эффект от предварительной нетермической активации, относятся травление полупроводниковых материалов, очистка подложек, модификация поверхностей и прочие, осуществляемые в условиях вакуума, а также некоторые процессы, выполняемые при атмосферном давлении.

Нетермическая активация рабочей среды может быть выполнена с использованием источников предиионизации двух типов [1]:

1. источник ультрафиолетового (УФ) излучения;
2. источники излучения высокой энергии – радиоактивные, ядерные источники, пучки быстрых электронов, рентгеновское излучение.

При использовании ультрафиолетового излучения аналогично процессу столкновения электронов и ионов, фотоны с достаточной энергией могут ионизировать нейтральные атомы, а также возбуждать их до более высокого состояния (поглощение) или даже диссоциировать многоатомные молекулы [2]. Применение ультрафиолетового излучения в процессах обработки материалов возможно путём как реализации эффекта фотоионизации возбужденных в электронные состояния частиц основного плазмообразующего газа и активации газовых сред, вступающих во взаимодействие с материалом, так и непосредственного воздействия фотонов на поверхность твёрдого тела. УФ излучение уже нашло применение в технологиях модификации поверхности, таких как получение тонких поверхностных плёнок с заданными свойствами, технология очистки поверхности, технология осаждения металлов из газовой фазы на подложки (MOCVD), технология фотоокисления и фотополимеризации [3]. Характерными особенностями частично ионизированного газа являются наличие фона излучения и неравновесности, задаваемой отрывом температуры или средней энергии электронов от температуры остальных частиц, что связывает его с коллективными свойствами плазмы [4].

Для изучения эффекта фотоионизации рабочей среды при атмосферном давлении был разработан исследовательский стенд. В качестве источника ионизации использовалась лампа дальнего ультрафиолетового диапазона излучения (UVC) с пиками интенсивности излучения на уровне длины волны 254 нм и 183 нм. Лампа была помещена в кварцевую трубу диаметром 90 мм, обёрнутую отражающим материалом. Формирование потока воздуха через трубу осуществлялось расположенным в её торце вентилятором. У противоположного торца кварцевой трубы устанавливался прибор АИМ-1.

АИМ-1 является аэроинфометром и предназначен для измерения приведенных концентраций легких аэроионов одновременно положительной и отрицательной полярностей. В аэроинфометре используется модуляционный метод измерения с мостовым включением аспирационного измерительного и компенсационного конденсаторов. Приведенная концентрация легких аэроионов одной полярности определяется как сумма эффективностей всех аэроионов рассматриваемой полярности в единице объема воздуха. Внешний вид исследовательского стенда на базе АИМ-1 представлен на рисунке 1.

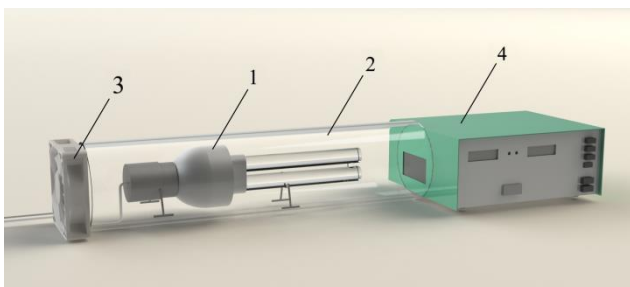


Рис. 1 – Внешний вид исследовательского стенда
 1 – источник УФ излучения; 2 – кварцевая труба; 3 – вентилятор; 4 – аэроиономер АИМ-1

Целью проводимых установочных экспериментов являлось определение характера ионизации газа, а именно концентрации и типа аэроионов, формируемых при работе используемого УФ-источника. Также было исследовано влияние расстояния d от источника фотоионизации на концентрацию c аэроионов в газе. Установлено, что при работе УФ-лампы в объеме газа формируются ионы преимущественно отрицательной полярности. Увеличение расстояния от источника излучения приводит к уменьшению приведенной концентрации отрицательно заряженных аэроионов. Полученные данные представлены на рисунке 2.

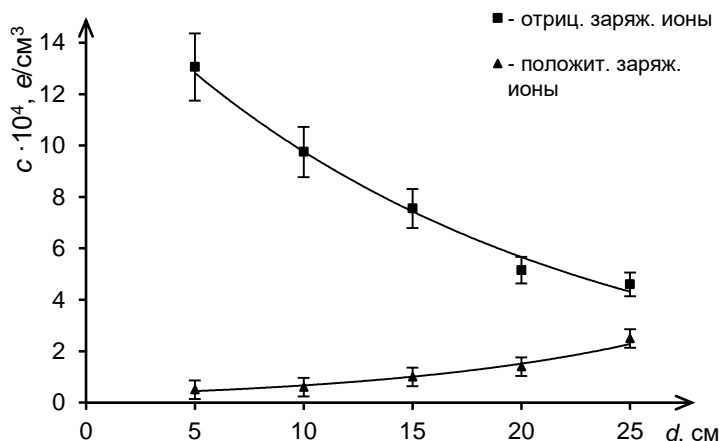


Рис. 2 – Зависимость концентрации аэроионов от расстояния до источника излучения

Результаты экспериментов подтвердили наличие эффекта ионизации обрабатываемого объема газа при использовании в качестве источника излучения кварцевой лампы с пиками интенсивности излучения в UVC диапазоне. Активированная газовая среда в условиях атмосферного давления может найти применение, к примеру, в процессе удаления фоторезиста с подогреваемых полупроводниковых подложек. Для выполнения нетермической активации плазменных процессов в условиях вакуума требуется дополнительная проработка методики фотоионизации рабочего газа.

Список использованных источников:

1. Васильев, Г.М. Кинетические и транспортные процессы в молекулярных газовых лазерах / Г.М. Васильев, С.А. Жданок. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 205 с.
2. David B. Go. GASEOUS IONIZATION AND ION TRANSPORT: An Introduction to Gas Discharges / David B. Go. – Notre Dame, IN : University of Notre Dame, 2012. – 71 p.
3. Ультрафиолетовые и вакуумно-ультрафиолетовые эксилампы: физика, техника и применения / А.М. Бойченко [и др.]. – Томск.: STT, 2011. – 512 с.
4. Кудреватова, О.В. Современные представления о развитии ионизации и явлении высокочастотного безэлектродного пробоя газа. Обзоры по электронной технике. Серия 1. Электроника СВЧ. – Москва : ЦНИИ «Электроника», 1987. – 40 с.