

Д.А.Малик (4 курс, каф. ФП), А.С. Смирнов, д.ф.-м.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛАЗМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ РАЗРЯДОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ЭЛЕКТРОДОМ

Высокочастотный емкостной (ВЧЕ) разряд широко применяется для анизотропного травления полупроводниковых материалов и нанесения тонких пленок на детали в приборо- и машиностроении [1]. Нередко встречаются детали с развитым рельефом поверхности. В процессе обработки в некоторых условиях возможно проявление эффекта полого катода, то есть горение разряда в полости обрабатываемой детали. При этом параметры и структура разряда в полости могут существенно отличаться от параметров разряда в основном объеме плазменного реактора. Другой особенностью данных установок является наличие газонапуска, технологических и диагностических патрубков и других полостей. Присутствие плазмы в этих полостях может отрицательно сказываться на технологическом процессе. Поэтому изучение эффекта “полого катода” для случая ВЧЕ разряда представляет большой практический и научный интерес.

Целью работы является экспериментальное определение условий, при которых плазма ВЧЕ-разряда проникает в полость электрода, и исследование характеристик плазмы в области проникновения. Основным механизмом, ответственным за горение разряда в полой катод, является ионизация вторичными электронами, выбитыми из электрода ионами плазмы [2]. В работе проводится анализ ионного потока на электрод для различных параметров разряда, конфигурации и размеров полости.

Схема эксперимента представлена на рис.1. Разряд зажигался в верхней камере (1) из нержавеющей стали. Рабочим газом является аргон при давлениях от 30 до 300 мТор. ВЧ-напряжение частотой 13.56 МГц подавалось на верхний электрод (2). Нижний электрод заземлен, как и корпус камеры. Для изменения размеров полости была изготовлена металлическая подложка 3 толщиной 10 мм с отверстием и набор металлических втулок. Внешний диаметр всех втулок соответствует диаметру отверстия в подложке. Внутренние отверстия втулок, где загорается исследуемый разряд, имеют диаметры 10, 8, 5 и 2 мм. Подложка с втулкой 5 располагалась на нижнем электроде. В электроде имеется отверстие малого диаметра, соединяющее верхнюю камеру с нижней высоковакуумной камерой, давление в которой для всех случаев не превышало 10^{-5} Тор. В нижней камере устанавливался двухсеточный анализатор задерживающего поля (4) с коллектором в виде цилиндра Фарадея.

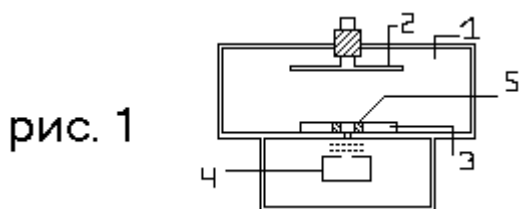


рис. 1

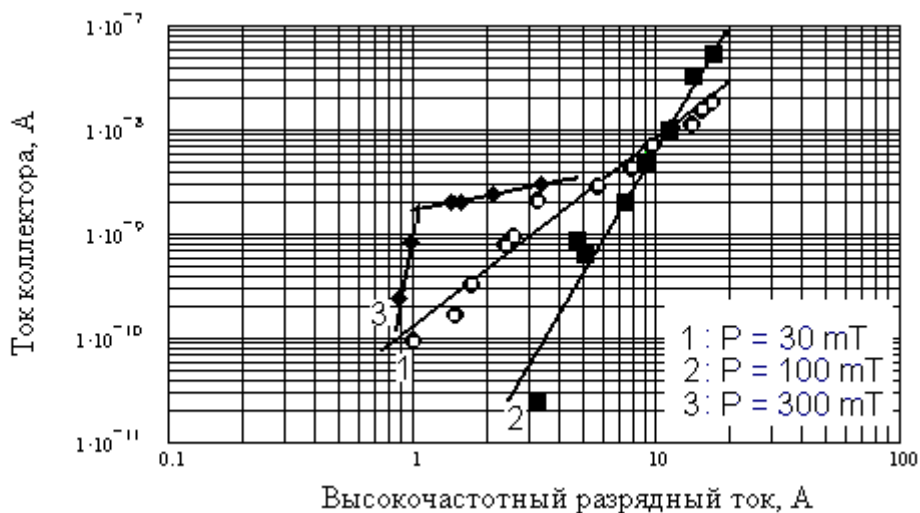
На ближнюю к электроду сетку подавалось постоянное отрицательное напряжение для отсеки электронов. Величина напряжения составляла от 200 до 1520 В в зависимости от вкладываемой мощности. На вторую сетку подавалось анализирующее напряжение в диапазоне от +60 до -60 В. В зависимости от величины анализирующего напряжения изменялся ионный поток на коллектор,

и таким образом были получены кривые задержки ионов. По кривым задержки определялась энергия ионов и величина ионного потока из полости. В ходе эксперимента контролировались следующие параметры: давление в разрядной камере p ; высокочастотный ток разряда I_{rf} ; вкладываемая мощность. Диапазон измеряемых ионных потоков ограничен снизу чувствительностью измерительной аппаратуры, а сверху — возможностью пробоя между сетками анализатора при повышении плотности анализируемых потоков и давления.

На рис.2 приведены кривые зависимости ионного тока коллектора от разрядного тока для давлений 30, 100 и 300 мТор для полости с радиусом 10 мм. Кривые 1 и 2

получены при давлениях 30 и 100 мТор соответственно. С точностью до погрешности измерений каждая из них может быть аппроксимирована степенной функцией с постоянным показателем. Такие зависимости характерны для ВЧЕ разрядов с плоскими электродами. При указанных давлениях во всем диапазоне исследованных мощностей слой у заземленного электрода очень тонок и визуально не наблюдается. Поэтому невозможно определить, горит разряд в полости или нет. Но можно с уверенностью сказать, что изменений в режиме горения нет, так как в противном случае на кривой имелся бы излом.

рис. 2



Кривая 3 отвечает давлению 300 мТор. Здесь имеет место резкое изменение ионного тока при $I_{\text{гф}} \sim 1$ А, а также выход на постоянную степенную зависимость при токах разряда больше 2 А. Визуально наблюдается следующая картина: при минимальных мощностях слой пространственного заряда у электрода не возмущен вблизи полости; с ростом мощности в полости возникает светящаяся плазменная область и проникает вглубь полости.

Для разряда данного типа величина разрядного тока растет вместе с вкладываемой в разряд мощностью. На представленном графике участок возникновения и резкого роста тока соответствует процессу образования плазмы в полости. В дальнейшем, при заполнении полости плазмой, устанавливается характер роста тока, соответствующий случаю разряда с плоскими электродами.

Выводы. Экспериментально исследован процесс образования плазмы в полости электрода ВЧЕ разряда. Определена величина, порог возникновения и характер роста ионного потока на стенке полости при заполнении его плазмой в разряде в аргоне при давлении 300 мТор.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Плазменная технология в производстве СБИС. / Под ред. Н. Айнспрука, Д. Брауна. М.: Мир, 1987.
2. Б.И.Москалев. / Разряд с полым катодом. М., “Энергия”, 1969. 184 с.