

УДК 621.315.592

DOI: 10.17223/00213411/62/11/101

*Л.Н. ОРЛИКОВ, Н.Л. ОРЛИКОВ, К.М. МАМБЕТОВА, С.М. ШАНДАРОВ***ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

Впервые разработан метод выделения высокочастотных колебаний из плазмы высоковольтного тлеющего разряда. Метод основан на возникновении пульсаций давления при взаимодействии струи напускаемого рабочего газа с преградой. Пульсации давления создают пространственную неоднородность концентрации плазмы высоковольтного тлеющего разряда (14 кВ, 30 мА), что вызывает нестабильность горения разряда. Разница напряжения зажигания и горения разряда вкладывается в ионизационные процессы и сверхвысокочастотные (СВЧ) колебания, которые выделяются индуктивно-емкостным контуром на частоте 5 МГц. Доля мощности, переведенная в СВЧ-колебания, достигает 40 %. Апробация генератора при травлении ниобата лития показала, что поверхностный заряд с подложки снимается плазмой, а также за счет токов смещения и перезарядки. Скорость травления достигает 5 мкм/ч.

Ключевые слова: разряд, частота, источник ионов, поток плазмы.

Введение

Широкое распространение получила обработка материалов потоками ионов, электронов и плазмы [1–3]. Однако воздействие электронного или ионного потока на материалы оптической электроники (пьезоэлектрики) сопровождается зарядом поверхности, который препятствует обработке.

В данной работе с целью повышения эффективности ионного травления исследуется возможность выделения высокочастотной составляющей электрического поля из плазмы высоковольтного тлеющего разряда с одновременным снятием поверхностного заряда плазмой. Предлагается использовать пульсации давления, возникающие при взаимодействии струи напускаемого рабочего газа с преградой [4]. Пульсации давления вызывают пространственную неоднородность концентрации плазмы и нестабильность изменения концентрации плазмы в высоковольтном разряде. Плазма является источником широкого спектра излучаемых частот. Индуктивно-емкостной контур выделяет частоту, наиболее приемлемую для разрыва энергии связи при обработке конкретного материала. Заряд поверхности материала снимается плазмой разряда, а также за счет токов смещения и перезарядки [5].

Моделирование процесса

В качестве модели описания течения газа используется одномерная гидродинамическая модель [6]. Истечение газового потока в вакуум (рис. 1) характеризуется коэффициентом скорости λ , равным отношению скорости потока газа к скорости звука в неподвижном газе [6]:

$$\lambda = (k + 1)/(k - 1), \quad (1)$$

где k – показатель адиабаты газа. При $\lambda = 0$ газ неподвижен, при $\lambda = 1$ скорость потока равна скорости звука, при $\lambda = 2.5$ скорость потока достигает максимального значения.

Радиальное и продольное расширение потока происходит с формированием на расстоянии X_m зоны уплотнения давления, центральная часть которой называется диском Маха. Расстояние до диска Маха в свободной струе подчиняется выражению [6]

$$X_m = 0,7d \left(kP_j / P_1 \right)^{0,5}, \quad (2)$$

где d – диаметр отверстия истечения газа; k – показатель адиабаты газа; P_j, P_1 – давления на срезе отверстия истечения газа и в камере, куда истекает газ.

Давление на срезе отверстия d определяется соотношением [6]

$$P_j / P_0 = [2/(k + 1)]^{k/(k+1)}. \quad (3)$$

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>