Вольт-амперная характеристика высоковольтного тлеющего разряда с убеганием электронов

А.И. Головин, Е.К. Егорова

ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», г. Москва, Россия, aigolovin@hotbox.ru

В последние годы значительное развитие получили устройства, генерирующие пучки электронов в газовой среде среднего давления (0,1 — 15 кПа), основанные на эффекте убегания электронов из высоковольтного тлеющего разряда [1-3]. По конструкции такие устройства представляют собой плоский катод с сетчатым анодом (включая предельный случай «сетки» с единственным отверстием), как правило, расположенным на расстоянии от 0,1 до 10 мм от катода. Нередко между катодом и анодом размещают диэлектрик с отверстиями [2, 3].

В данной работе предложена простейшая оценка вольт-амперной характеристики (ВАХ) стационарного высоковольтного тлеющего разряда, полученная в предположении равномерного пространственного распределения положительных ионов, подобно тому, как получают ВАХ обычного тлеющего разряда[4]. При этом предполагалось, что эмитируемыекатодом электроны переходят в режим непрерывного ускорения и, набрав энергию, близкую к приложенной разности потенциалов, покидают зону разряда. Ионизация газа в разряде описывалась отношением выраженного формулой Бете торможения электронов к энергетической цене образования иона.

Предполагалось, что образующиеся ионы движутся в сторону катода, испытывая резонансную перезарядку, в результате которой образуется поток движущихся к катоду быстрых нейтральных молекул.

Показано, что при достаточно высоком напряжении вольт-амперная характеристика принимает вид$J\~U^{{5}/{2}}$ с точностью до множителя, логарифмически зависящего от напряжения. При небольших напряжениях ВАХ степенной зависимостью не выражается, причём с ростом напряжения ток растет медленнее, чем $U^{{5}/{2}}$.

Аппроксимация степенной зависимостью опубликованных в различных источниках экспериментальных данных и результатов наших измерений, как правило, даёт степень от 1,5 до 2,8. При этом в большинстве случаев степень близка к 2, реже — достигает 2,5.

Таким образом, предложенная оценка ВАХ лучше описывает наблюдаемые результаты экспериментов, чем зависимость$J\~U^{3}$, использованная в [5] и ряде других работ этого же автора, в том числе,приводимые в [5]данные по ВАХ импульсного разряда.

Тем не менее, в предложенной модели не учитывается целый ряд факторов, которые могут существенно повлиять на ВАХ – нагрев газа в разряде, движение нейтралов в поперечном направлении с выходом из области разряда, неравномерность распределения ионов и другие. Поэтому в дальнейшем предложенная модель будет совершенствоваться с учётом накопленного нами значительного объема экспериментальных данных, включающих как исследования ВАХ, так и измерения КПД разряда.

Литература

1. Бохан П.А., Сорокин А.Р. // ЖТФ 1985, т. 55, в. 1, c. 88-95
2. Азаров А.В., Митько С.В., Очкин В.Н.// Патент РФ2172575, 2000.
3. Бобров В.А., Войтешонок В.С., Головин А.И. и др. // ЖТФ, 2013 Т.83. Вып. 8. С.121-126.
4. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2009.
5. Сорокин А.Р. // ЖТФ, 2006, т. 76, в. 5, с. 47-55.