

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗРЯДА НА ТЕМПЕРАТУРУ ГАЗА В УЗКИХ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ТРУБКАХ

Л.В. Михайловская*, А.С. Михайловская **

*ОНУ им. И. И. Мечникова, 65082, Одесса, Украина

**Fraunhofer ILT, D-52074, Aachen, Germany

E-mail: lidam@onu.edu.ua

При исследовании внутренних параметров положительного столба тлеющего разряда в газоразрядных средах основное внимание уделяется изучению влияния тока разряда, давления газа и внутреннего радиуса разрядного капилляра на величину напряженности продольного электрического поля, на концентрацию электронов, а также на значение электронной температуры [1,2]. Однако особенности теплового режима разряда в узких газоразрядных трубках до сих пор недостаточно исследованы, не выявлены до конца особенности процессов, протекающих в низкотемпературной плазме газоразрядных лазеров с трубками малого диаметра, которые приводят, в конце концов, к нестабильности выходных параметров лазерного излучения. Обычно предполагается, что температура газа в стационарном режиме горения разряда определяется объемным энерговыделением в плазме, теплопроводностью газовой смеси и теплопередачей на поверхности трубки. И потому является как бы известной характеристикой, определяемой заданными внешними параметрами разряда, именно, током разряда и напряженностью продольного поля в положительном столбе. А продольное поле определяется только электронной температурой и потерями в среде и не зависит от температуры газа [1,2]. На самом же деле, все макроскопические характеристики рабочей среды, такие, как подвижности электронов и ионов, коэффициенты диффузии, дрейфовая скорость электронов зависят от температуры газа непосредственно и через зависимость плотности нейтральных атомов от температуры формулой $N = p/kT$, иными словами, через эффекты вытеснения газа в балластные объемы при нагреве газа. В работе [3] были смоделированы физические процессы в стационарном газовом разряде с учетом полной температурной зависимости макроскопических характеристик рабочей среды газового разряда. В результате была получена замкнутая система уравнений для определения внутренних параметров газового разряда, таких как напряженность продольного электрического

поля, электронной температуры и температуры рабочего газа в зависимости от величины тока разряда, давления газа и размера радиуса рабочего капилляра, а также от температуры наружных стенок газоразрядной трубки. Эта система включает уравнение баланса энергии электронов в положительном столбе, уравнение баланса числа заряженных частиц и уравнение баланса энергии нейтральных атомов. В данной работе в случае диффузионного режима тлеющего разряда в рамках модели традиционного локального приближения для радиального электрического поля, основанного на существовании максвелловского распределения электронов по скоростям, проведено уточнение этой системы уравнений. При вычислении температуры газа учтено не только объемное тепловыделение, а также учтена тепловая мощность, выделяемая на внутренних стенках трубки. Проведено уточнение выражения для потерь энергии электронов $\Delta \epsilon_{\text{ст}}$ на стенках разрядной трубки. А именно, учтены потери энергии электронов на поддержание амбиполярного поля в плазме и на образование защитного пристеночного слоя объемного заряда. В результате оказалось, что с учетом тепловой мощности, выделяющейся на внутренних стенках трубки в результате радиального движения заряженных частиц, меняется характер зависимостей температуры нейтрального газа при изменении радиуса капилляра или давления газа. Дополнительный нагрев газа, который происходит в результате выделения на стенках энергии рекомбинации зарядов, а также кинетической энергии электронов и ионов, определяемой падением потенциала в слое у поверхности стенки, с увеличением размера радиуса трубки или с ростом давления газа уменьшается. Дополнительная тепловая мощность существенно сказывается на зависимостях температуры газа и электронной температуры, а также напряженности продольного электрического поля от величины тока разряда. При этом добавки к температуре газа и к электронной температуре растут с ростом тока разряда.

Литература:

1. Ю.П.Райзер. Физика газового разряда. – Наука, Москва, 1987. – 592 с.
2. Миленин В.М., Тимофеев Н.А. Плазма газоразрядных источников света низкого давления. – Л.: Энергоиздат, 1991. – 240 с.
3. Mikhailovskaya L.V. Energy balance and gas temperature in plasma of positive column in gas discharge narrow tubes. // *Proc. SPIE*. – 1999. – V. 3686. – P. 62 – 69.