

**Положительный столб разряда постоянного тока
в трубках переменного диаметра**

В.А. Кожевников, В.Е. Привалов, А.Э. Фотиади

Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Россия
E-mail: vaevpriv@yandex.ru

Как правило, большинство распространенных газоразрядных лазеров (например, He-Ne или He-Cd) используют в качестве активной среды положительный столб (ПС) тлеющего разряда постоянного тока низкого давления и имеют трубки цилиндрической геометрии. Часто активный элемент лазера помещается в оптический резонатор типа плоскость – сфера, имеющий заметно отличающуюся от цилиндрической форму распределения оптического поля (форму каустики). При этом часть возбужденных атомов цилиндрической трубки не будет участвовать в формировании «эффективного коэффициента усиления» среды», определяющего выходную мощность лазера. Поэтому с целью повышения эффективности использования активной среды еще в 1960-70-х годах возникла идея использовать для газовых лазеров разрядные трубки конической геометрии [1, 2]. Хотя ранее и изучалась реакция параметров ПС на скачкообразное изменение сечения положительного столба [3], сведения о работах, посвященных исследованию характеристик плазмы ПС в трубках с «плавно изменяющимся» диаметром разрядного канала, в литературе практически отсутствуют.

Нами был рассмотрен ПС разряда постоянного тока в моноатомном газе в типичных для активных сред таких лазеров разрядных условиях, и поставлена задача получить выражения, связывающие внешние, контролируемые параметры столба (такие, как меняющийся радиус разрядного канала, давление газа и разрядный ток) с его основными «внутренними» характеристиками: концентрацией заряженных частиц, электронной температурой, напряженностью «продольного» электрического поля. Мы использовали уравнения движения заряженных частиц, уравнения баланса заряженных частиц и уравнение баланса энергии. Были получены следующие выражения:

- зависимость концентрации электронов (как функции продольной и поперечной координат) от тока разряда и зависимостей радиуса разрядного канала и электрического поля от продольной координаты;
- уравнение для электронной температуры (как функции продольной координаты), связывающее её с зависимостью радиуса разрядного канала от продольной координаты;

– уравнение для проекции электрического поля (как функции продольной координаты), связывающее её с зависимостью радиуса разрядного канала от продольной координаты.

Получившаяся в итоге система уравнений дает решение поставленной задачи.

Нетехнологичность конической трубки вынуждает к поиску другой геометрии. Одна из них предложена в работе [4]. Для геометрии активного элемента, предложенного в упомянутой работе [4] проведен цикл исследований, который может служить фундаментом для дальнейших разработок в этой области. Примером могут служить работы [5–10], позволяющие перейти к изучению параметров положительного столба в других активных элементах с различной геометрией, и также довести их до решения.

Сегодня лазеры применяются в различных областях (от волоконной оптики до наук о жизни и экологического мониторинга), например, [11–17]. Для различных задач нужны самые разные лазеры. Нет сомнений, что многие из наших предложений найдут широкое применение.

1. Привалов В.Е., Фридрихов С.А. // УФН. 1969. Т. 97. С. 377–402.
2. Привалов В.Е., Фридрихов С.А. // ЖПС. 1970. Т. 12. С. 937–939.
3. Грановский В.Л. Электрический ток в газе. Установившийся ток. 1971, М: Наука, Главная редакция физ. – мат. литературы. 545 с.
4. Привалов В.Е. // Электронная техника. Серия 3. Газоразрядные приборы. 1971. № 3(23), С. 29–31.
5. Золотов С.А., Привалов В.Е. // Оптический журнал 2014. Т.81, №3, С. 20–22.
6. Привалов В.Е. // Известия ВУЗов. Физика» 2011. № 5/2, С. 80–90.
7. Привалов В.Е. Золотов С.А. Патент России № 95909. БИ 2010, №19.
8. Привалов В.Е. Золотов С.А. Патент России № 101276. БИ 2011, № 9.
9. Привалов В.Е. Патент России № 102856 БИ 2011, № 7.
10. Привалов В.Е. Патент России № 104785 БИ 2011, № 14.
11. Kotov O.I., Bisyarin M.A., Liokumovich L.B. // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics), 2013, Vol. 22, No. 2, pp. 104–111.
12. Chapalo I.E., Kotov O.I., Medvedev A.V. // Proc. SPIE 9203, art. no. 92030B, August 18, 2014
13. Kotov O.I., Bisyarin M. A., Liokumovich L.B., // Applied Optics, Vol. 55, Issue 19, pp. 5041–5051 (2016)
14. Bisyarin M.A., Chapalo I.E., Kotov O.I., Petrov A.V. // Journal of the Optical Society of America B, Vol. 35, No.8, 2018, pp. 1990–1999.
15. Воронина Э.И., Привалов В.Е., Шеманин В.Г. // Письма в ЖТФ. 2004, Т. 30, №5, С. 14–17.
16. Timchenko E. V., Timchenko P.E., Lichtenberg A. // J. Biomed. Opt., 2017. № 22(9), 091511 doi:10.1117/1.JBO.22.9.091511
17. Timchenko P.E., Timchenko E.V., Pisareva E.V. // Journal of Optical Technology, 2018. Vol. 85, Issue 3, pp. 130–135. doi: 10.1364/JOT.85.000130