

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет радиозлектроники
Академия наук прикладной радиозлектроники
ЗАО «НПК «Наука»
НТО РЭС Украины
НТО РЭС им. А.С. Попова РФ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

**2-й Международной научной конференции
«ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА.
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

30 сентября - 3 октября 2009г.

Харьков - Кацевели
2009

СВЕТИЛЬНИКИ ПРОЖЕКТОРНОГО ТИПА НА ОСНОВЕ СЕРНОЙ ЛАМПЫ

Мачехин Ю.П., Фролова Т.И., Старчевский Ю.Л., Шунькова Ю.А.

Харьковский национальный университет радиозлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. Физические основы электронной техники,
тел. (057) 702-14-84,

E-mail: frolova@kture.kharkov.ua; факс (057) 702-11-13

In this paper considered the parameters of fixtures of the projector-type based on sulfuric lamp. A program for calculating dynamic characteristics of the resonator, which can be used as a working camera for the light source with the microwave excitation. Numerical calculations allow for the creation of prototypes of the new lighting devices.

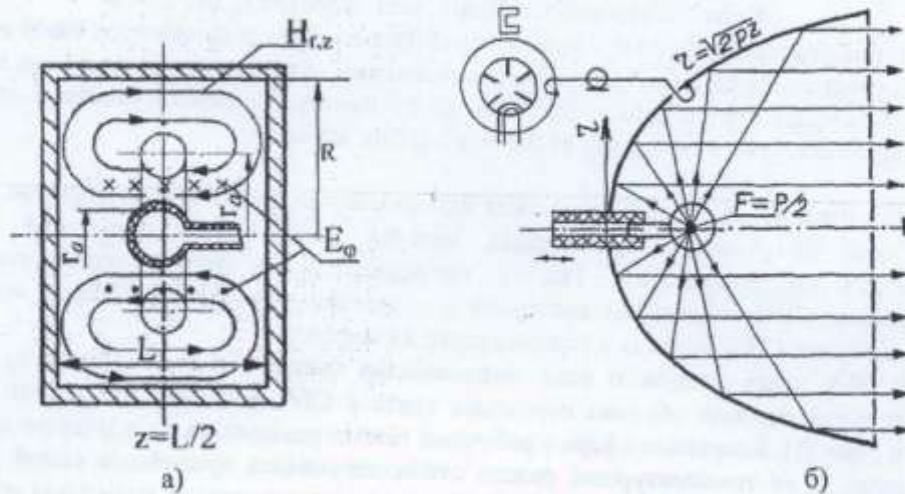
Как известно, СВЧ энергия может использоваться не только для нагрева и сушки, но и для получения СВЧ плазмы, которая может быть применена в новых технологических процессах. Так, в последнее время бурно развивается новое направление СВЧ-энергетики связанное с созданием высокоэффективных источников света на основе СВЧ-разряда в серосодержащих средах [1].

В 90-х годах прошлого века, американская фирма Fussinal Lighting представила первый коммерческий образец источника света с СВЧ возбуждением смеси аргона с парами серы [2]. Кварцевая сфера с рабочими газами находилась на оси цилиндрического резонатора, и ее температурный режим стабилизировался вращением самой ампулы и принудительным обдувом. В качестве генератора использовался магнетрон от бытовой СВЧ печи. Лампа вызвала огромный интерес, поскольку сера (вернее, ее двухатомная молекула) благодаря эффекту реабсорбции излучает свет, спектральный состав которого очень близок к солнечному. Кроме того, срок службы серной лампы по крайней мере в 10 раз превышает ресурс ртутных и натриевых газоразрядных ламп.

Теоретический анализ плазменных процессов в СВЧ разряде свидетельствует о высокой энергетической эффективности таких источников [3]. Расчеты показывают, что на частоте 2450 МГц для поджига аргона необходима напряженность электрического поля порядка 1 кВ/см, а для горения разряда и возбуждения серы достаточна напряженность 150 В/см [3]. Такие напряженности при мощности питания в сотни ватт легко достигаются в объемных резонаторах. Однако при практической реализации СВЧ-ламп возникают проблемы, такие как обеспечение благоприятного теплового режима колбы с Ag-S газовой смесью, при которой она не будет схлопываться, вывод световой энергии из рабочей камеры при экологической безопасности по СВЧ-излучению и др..

В образце лампы фирмы Fussinal Lighting рабочая камера была выполнена на основе цилиндрического резонатора с колебаниями H_{111} , а сферическая кварцевая колба располагалась в центре резонатора. В последующих работах по созданию серных СВЧ-ламп проводимых в Московском инженерно-физическом институте и Всероссийском электротехническом институте для обеспечения приемлемого теплового режима кварцевой оболочки колбы предлагается использовать в качестве рабочих камер резонаторы с аксиально-симметричным электромагнитным полем с колебаниями типа E_{010} , H_{101} , H_{011} . В цилиндрическом резонаторе с колебаниями типа E_{010} торцы цилиндрической ампулы сосной корпусу резонатора подвергаются бомбардировке электронами и проблема принудительного воздушного охлаждения ламп здесь не снимается. Однако следует отметить, что такой резонатор по сравнению с резонаторами других типов имеет наибольшую энергетическую эффективность поджига и горения разряда в ампуле. Тепловой режим кварцевой колбы размещенной в цилиндрическом резонаторе с колебаниями H_{011} существенно облегчается в случае ее размещении соосно резонатору (рис. 1, а). Электрическое поле тангенциально поверхности колбы и это позволяет уменьшить потоки электронов на стенки, что дает возможность обеспечить приемлемый тепловой режим без вращения оболочки колбы и ее обдува.

Если сферическую колбу лампы поместить в фокусе параболоида с колебаниями типа H_{011} с аксиально-симметричным электрическим полем E_p (рис. 1,б) то световой поток не нужно будет фокусировать с помощью дополнительной системы отражателей. В такой системе также не требуется принудительного охлаждения колбы.



а) цилиндрический резонатор;
б) параболический резонатор

Рисунок 1 – Типы резонаторных камер с колебаниями типа H_{011}

Как уже отмечалось возбуждение светоизлучающего разряда в безэлектродных лампах наиболее эффективно при максимальном значении напряженности электрического поля, так как это позволяет в свою очередь уменьшить мощность генератора, необходимой для зажигания разряда при правильно выбранных параметрах резонатора. Напряженность электрического поля для вида колебаний H_{011} находится как

$$E_m = KF \sqrt{P_{max} (1 - |\Gamma_0|^2)} Q_1 \left(\frac{\lambda_0}{V} \right),$$

где $F = \frac{2Q_0}{(Q_0 + Q_{ex})} = \frac{2Q_1}{Q_{ex}}$ – степень связи резонатора с трактом;

$\Gamma_0 = \frac{(Q_0 - Q_{ex})}{(Q_0 + Q_{ex})}$ – коэффициент отражения.

Для того чтобы рассматривать различные варианты резонаторных рабочих камер для безэлектродных серных ламп изменяя их геометрические параметры и определяя при этом максимальное значение напряженности электрического поля необходимо также учитывать в каких осветительных устройствах (ОУ) они будут применяться [4].

На сегодняшний день существуют различные варианты конструкций осветительных устройств с серными лампами. Среди них устройства в прожекторном и световодном исполнении, содержащие СВЧ-модули с волноводными и коаксиальными трактами и СВЧ-резонаторами с плоскими, цилиндрическими или сферическими СВЧ-экранами. Наиболее широкое применение получили цилиндрические экраны.

Примером устройства прожекторного типа с коаксиальным трактом и цилиндрическим СВЧ-экраном является ОУ, разработанное на "Плутоне" в лаборатории Э.Д. Шлифера [1]. Это устройство (рис. 1) содержит магнетрон 2 с блоком питания 1, СВЧ-модуль (СВЧ-адаптер 3, коаксиальный СВЧ-тракт 4, фильтр 6 и СВЧ-возбудитель 7), электродвигатель 5, обеспечивающий вращение серной лампы 8, и параболический отражатель 10 со свето- и воздухопрозрачным СВЧ резонатором 9. Наполнителями кварцевой колбы являлись стартовый газ аргон и в качестве рабочего вещества несколько миллиграммов аморфной серы, испаряемой в СВЧ-разряде.

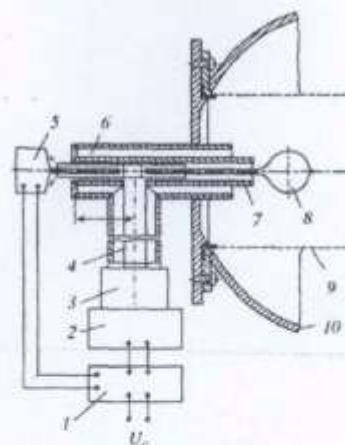


Рисунок 1 – Устройство прожекторного типа

Лабораторные испытания прожекторного варианта ОУ, показали, что его световые и спектральные характеристики не уступают известным образцам Solar-1000™. Конкретно указано, что полный световой поток составлял 130 клм, световая отдача – 150 лм/Вт от СВЧ-мощности и более 100 лм/Вт от сети переменного тока, цветовая температура 5900 К и амплитудная модуляция светового потока <7% [3].

В данной работе разрабатывается программа, которая позволяет при задании определенных геометрических параметров резонаторов и выбора вида колебаний H_{mnp} и E_{mnp} электромагнитного поля рассчитывать электродинамические характеристики рабочих камер для определения в конечном итоге возможности реализации поджига и горения серной лампы при определенных условиях.

Программа реализована на языке программирования C++, с использованием библиотек Qt 4.5. Qt — кросс-платформенный инструментальный разработчик ПО на языке программирования C++. Она позволяет запускать реализованное с его помощью ПО в большинстве современных операционных систем путём простой компиляции программы для каждой ОС без изменения исходного кода. Включает в себя все основные классы, которые могут потребоваться при разработке прикладного программного обеспечения, начиная от элементов графического интерфейса и заканчивая классами для работы с сетью, базами данных и XML. Qt является полностью объектно-ориентированным, легко расширяемым и поддерживающим технику компонентного программирования. Существуют версии библиотек для Microsoft Windows, систем класса UNIX с графической подсистемой X11, Mac OS X, Microsoft Windows CE, встраиваемых Linux-систем и платформы S60.

На основе полученных численных расчетов электродинамических характеристик резонаторных рабочих камер планируется проведение экспериментальных исследований макетов осветительных устройств на основе серной лампы.

Список литературы:

1. Гутцайт Э.М. Безэлектродные источники света, использующие электромагнитную энергию высоких и сверхвысоких частот // Журн. Радиотехника и электроника. – 2003. Т. 48, №1. – С. 5-38.
2. Dolan, J.T., Ury, M.G., and Wood, C.H., Proc. 6th Int. Symp. on Science and Technology of Light Sources, Budapest: Technical Univ. of Budapest, 1992, p. 301.
3. Диденко А.Н., Зверев Б.В., Прокопенко А.В. СВЧ-источник видимого света прожекторного типа. Инженерная физика, № 2, 1999, с.34-37.
4. Ефимкина В.Ф., Софронов Н.Н. Светильники с газоразрядными лампами высокого давления. М.: Энергоатомиздат. 1984, 104 С.