

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Академия наук прикладной радиоэлектроники

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

1-й Международной конференции «ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»

в рамках 3-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная
радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2008

Том III

30 сентября - 3 октября 2008г.

Харьков - Судак
2008

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗЭЛЕКТРОДНЫХ СВЧ-ЛАМП

Мачехин Ю.П., Фролова Т.И., Грищенко Ю.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, г. Харьков, пр. Ленина, каф. ФОЭТ, тел. (057) 702-14-84

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

In this paper we show the influence of a working substance in quartz flask sulphur lamp on its spectral characteristics. A theoretical study dependence of output electrodeless microwave spectrum lamps on the frequency electromagnetic source with the aim of improving the reliability of the lighting system and its environmental safety.

Появившееся в начале 90-х годов [1], безэлектродные источники видимого света на основе СВЧ-разряда благодаря своим уникальным характеристикам могут стать эффективной заменой существующим источникам промышленных и общественных помещений, зданий и т.д. Их основные достоинства: повышенная светоотдача ($130 + 170$ лм/Вт), сплошной квазисолнечный спектр оптического излучения с малым уровнем УФ и ИК-излучения, большая долговечность (около 55 тыс. часов) и возможность регулировки силы света с помощью изменения уровня мощности СВЧ-накачки. Спектр излучения таких ламп лежит преимущественно в видимой области с цветовой температурой ($T_{\text{цв}}$) от 4000 К до 8000 К. Однако до сегодняшнего дня безэлектродные СВЧ-лампы не нашли широкого распространения поскольку не удалось решить ряд научных и инженерных задач.

В настоящем докладе представлены результаты исследований направленных на оптимизацию газового состава ламп с СВЧ-накачкой, с целью получения наперед заданного цвета газового разряда.

Преимущество СВЧ накачиваемых ламп заключается в том, что взаимодействие СВЧ поля с буферным газом обеспечивает высокую степень ионизации, при которой любая смесь газового вещества может быть возбуждена. Таким образом, спектр можно формировать под задачи, решаемые с помощью этих ламп. Например, для

1. использования ламп в медицинских задачах с заданным спектром;
2. для формирования оптических частотных реперов при решении задач стабилизации частоты.

Безэлектродная лампа с СВЧ-накачкой представляет собой вакуумную кварцевую колбу, заполненную аргоном либо другим газом (например, неоном, ксеноном) при давлениях от 3 Торр до 10 Торр (буферный газ) и в которую помещено небольшое количество серы (рабочее вещество). Аргон служит для инициирования СВЧ-разряда, и оторванные от него электроны возбуждают серу. Таким образом, на основе молекулярного излучения серы можно получить высокоэффективный источник видимого света (КПД ~ 20 %) спектр которого очень близок к солнечному спектру и спектральной характеристике человеческого глаза (см. рис. 1).

Результаты экспериментальных исследований излучающего разряда серных ламп на высоких и сверхвысоких частотах [2], показали, что спектральные характеристики безэлектродного источника света существенно зависят, как от температуры оболочки колбы, так и качественного содержания газовой среды.

Окружающие нас объекты не имеют определенного цвета, а имеют некоторую зависимость коэффициента отражения от длины волны. При этом цвет предмета очень зависит от источника освещения. Искусственные источники света привыкли сравнивать с дневным светом, т.е. Солнцем, являющимся тепловым источником. Поэтому для нахождения цвета определяют координаты цветности сложного излучения в системе XYZ (x, y, z), имея заранее известные спектральные характеристики источника света, и далее рассчитать их с помощью уравнений [3] и перевести, например, в систему RGB:

$$X = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

$$Y = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

$$Z = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

где X, Y, Z – коэффициенты цветности в системе XYZ ; $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ – ординаты кривых сложения для стандартного колориметрического наблюдателя МКО; λ_1, λ_2 – диапазон длин волн, который в данном случае лежит в области видимого света (380 ... 780 нм); $\varphi(\lambda)$ – спектральное распределение мощности излучения источника света.

Максимум спектральной характеристики серной лампы приходится на 510 нм, отчетливо передавая зеленоватый цвет окружающей среды. При добавлении других химических элементов в колбу безэлектродного источника видимого света можно изменить цветопередачу лампы, которая описывает, насколько натурально выглядят окружающие нас предметы при освещении этой лампой (индекс цветопередачи для серных ламп > 79). Так попытка увеличить излучение красного света серной лампы, который более эффективен для улучшения роста растений, увеличение содержание серы привело бы к большому сокращению излучения синего света. Поэтому в работе [4], в колбу лампы с серой добавили CaBr_2 и получили подобный спектр с дополнительным пиком в области красных длин волн на 625 нм (см. рис. 2). Эта экспериментальная лампа была сделана из тонкостенной кварцевой колбы диаметром 35 мм, которая содержала десятки миллиграммов серы, несколько миллиграммов CaBr_2 и аргона при давлении около 50 Торр (6.7 кПа). Добавление CaBr_2 позволило авторам увеличить эмиссию электронов в диапазоне красных длин волн за счет небольшого уменьшения эмиссии в более коротковолновой области видимого света и с небольшим количеством увеличения ИК-излучения. Другие добавки, такие как LiI и NaI были также использованы для изменения выходного спектра лампы.

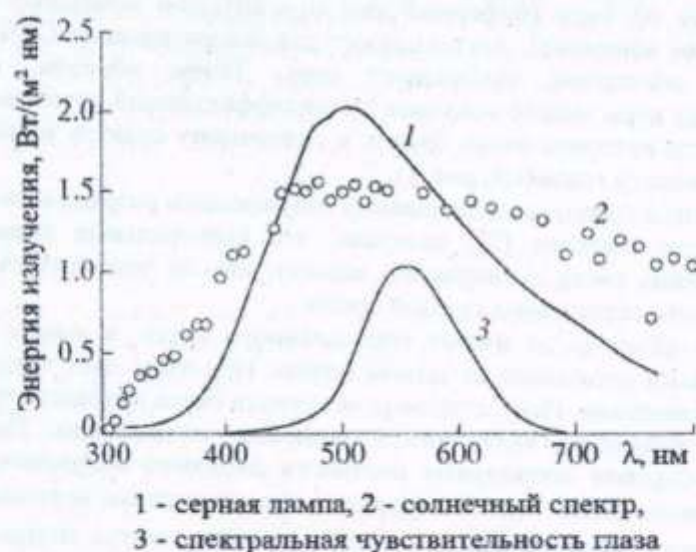


Рис. 1. Спектральные характеристики

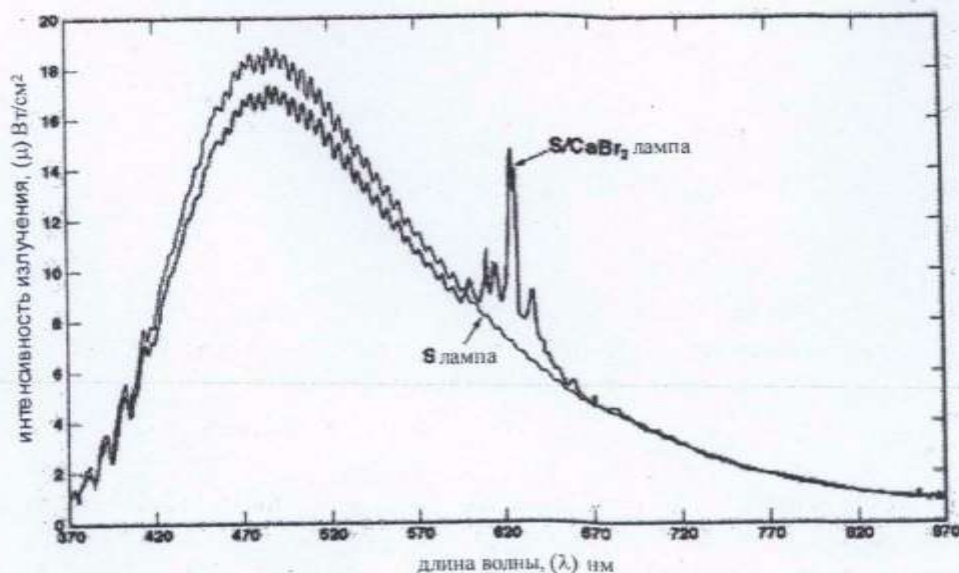


Рис. 2. Спектры ламп с рабочими веществами S и S/CaBr₂

Изменения характера спектральной характеристики серной лампы зависит от снижения частоты и мощности СВЧ-накачки и приводит к замедлению развития разряда [5]. То есть поглощение, которое происходит на определенной частоте, будет приводить к снижению светимости, поскольку энергия в значительной степени будет поглощаться. Используемые в настоящее время разряды практически не зависят от частоты используемого излучения. Поэтому применяя магнетроны в СВЧ-лампах, необходимо решить задачу, как стабилизировать частоту генерации магнетрона максимально приближая ее значение к выходному сигналу лампы, т.е. излучению. Таким образом, существует возможность управления спектральными характеристиками безэлектродных серных ламп с целью получения наиболее эффективного результата работы осветительных систем [5].

В представленной работе рассмотрены физические процессы, обеспечивающие формирование заданного цвета излучения путем добавления химических элементов или веществ в колбу безэлектродной серной лампы. Показано, что с помощью предложенного механизма, можно добиться улучшения цветопередачи окружающих объектов и изменить выходной спектр источников излучения на основе СВЧ-разряда. Таким образом, необходимо проведение более подробного исследования спектральных характеристик безэлектродной СВЧ-лампы от компонентного состава рабочего вещества, чтобы оптимизировать частоту электромагнитного источника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dolan J.T., Ury M.G, Wood C.N. // Proc. 6th Int. Symp. on Science and Technology of Light Sources. Budapest: Technical University of Budapest Publisher, 1992. P. 301-302.
2. Козлов А.Н., Умарходжаев Р.М., Шлифер Э.Д. и др. // СВЧ и ВЧ возбуждение разряда в парах серы с неном. Письма в ЖТФ. 1999- Т. 25. Вып. 13. С. 27-33.
4. John F. Kennedy // Sulfur Lamp With CaBr₂ Additive for Enhanced Plant Growth *Space Center. Florida.* Jul 01 2000 .
5. Пат РФ № 2152666 С1, 7 Н 01 J 65/04, Н 05 В 41/24. Безэлектродная лампа с контролируемым спектральным распределением. Козлов А.Н., Резников А.Е., Ежов А.А., Семенов Л.Л., Умарходжаев Р.М., Ляхов Г.А., Цой А.Д. – Заявл. 09.10.1998, Оpubл. 10.07.2000, Бюл. № 19 – 2 с.