

УДК 621.327.9

Плазменные осветительные устройства на основе СВЧ разряда

Перевертайло В.В., доц., к.т.н. Кузьмичёв А.И.

Введение

В наше время постоянно совершенствуются системы освещения. Вначале человечество использовало лампы накаливания. Затем была создана газоразрядная лампа, принцип работы которой основан на светящемся электрическом разряде в газе и парах металла. Одной из разновидностей газоразрядных ламп является металло-галогенная лампа (МГЛ), в горелку которой добавляются галогениды некоторых металлов для того, чтобы получить излучение в видимом спектре. Но свет, излучаемый МГЛ, является «неестественным». Предметы, освещенные такими лампами, теряют свой естественный (т.е. как под солнечными лучами) цвет. Соответственно, цветовые искажения весьма сильны.

Всё более широкое применение получают светодиоды как базовые элементы электрических светильников благодаря их отличным световым характеристикам: высокой светоотдаче, большому сроку службы работы (около 50 000 часов), простоте конструкции светильников на их основе и малому энергопотреблению.

Но есть еще одно весьма интересное направление – плазменные светильники (ПС) с использованием серы в качестве плазмообразующего вещества [1, 2, 4]. Этот подход позволяет создавать осветительные приборы с высокой светоотдачей и естественным спектром излучения. Такие светильники не требуют специальных мероприятий по утилизации, как, например, лампы дневного света, содержащие пары ртути.

Для сравнения отметим, что светодиодные светильники, имеют большую температуру цвета (5 600 К), чем плазменные (5 200 К); эффективность диодного светильника составляет 70–80 лм/Вт, а плазменного – 82 лм/Вт. Температура окружающей среды для большинства светодиодов, как и в случае ПС варьируется в широких пределах от -60 до +45°C. Но есть некоторые проблемы с отводом тепла от светодиодных светильников, которых лишены плазменные приборы. Большинство характеристик обоих типов светильников близки друг к другу. Так, срок службы ламп составляет около 50 000 часов, пределы регулирования интенсивности светового потока 20...100 %, время

выхода на рабочий режим меньше 1 минуты. Потребляемая мощность уличных ПС уже начинают выходить на уровень светодиодных, т.е. 280–350 Вт, а в отдельных случаях превышают эту границу.

Принцип работы и особенности конструкции СВЧ плазменных светильников

Важным преимуществом ПС является то, что спектр их излучения – непрерывный и близок к солнечному (рис. 1) [5]. Объяснить сказанное можно следующим [1]. Линии в спектре газоразрядного (плазменного) источника света связаны с резонансом в атомах или молекулах вещества, излучающего свет. Высокое качество спектра, которое дает сера, обусловлено таким явлением как полиморфизм. Сера может образовывать молекулы в виде цепочек произвольной длины, каждая из которых имеет собственную резонансную частоту. Большое количество молекул разных размеров в сумме дает непрерывный спектр".

Таким образом, для получения плазмы, которая дает непрерывный спектр излучения во всем видимом диапазоне, целесообразно применять серу [1–4]. Это объясняется тем, что сера в плазменном состоянии излучает свет в процессе молекулярной, а не атомной

эмиссии. При этом 73% общей эмиссии излучается в видимом диапазоне, около 20% – в инфракрасном и менее 1% – в ультрафиолетовом.

Для возбуждения плазмы в данном случае целесообразно использовать СВЧ энергию и безэлектродный разряд, так как использование традиционных электродов повлечет их быстрое разрушение из-за реакции паров серы с раскалённым металлом электродов.

Итак, в основе работы ПС лежит ионизация и возбуждение газообразного вещества под действием СВЧ энергии. Высокоионизованное вещество переходит в состояние плазмы, которая начинает постоянно излучать свет. В данном случае внутри колбы лампы образуются, возбуждаются и светятся пары серы в плазменной среде аргона. Для такого светильника фирма LG Electronics придумала новый термин — «лайтрон» [1].

На рис. 2 показана типичная конструкция излучателя на примере запаянной стеклянной колбы диаметром 30 мм, в которой находятся газ аргон и несколько миллиграмм серы. Для получения определенного спектра излучения внутрь колбы добавляют и другие вещества.

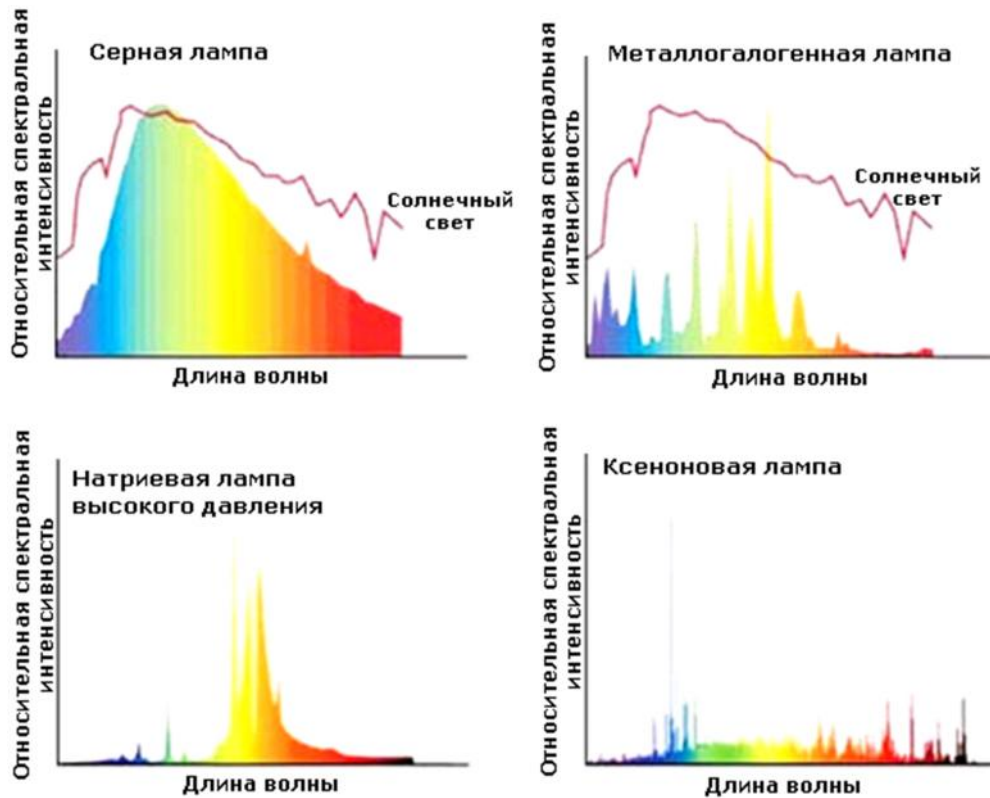


Рис. 1. Примеры спектров излучения некоторых ламп

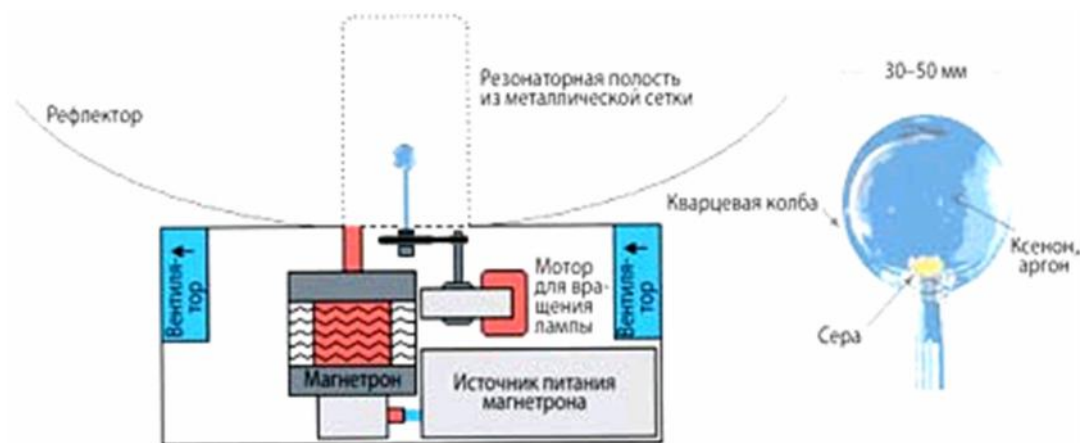


Рис. 2. Конструкция серной лампы

Колба находится в СВЧ резонаторе, в который поступает СВЧ волна от магнетрона через волновод. Генератором СВЧ волны служит магнетрон с рабочей частотой 2,45 ГГц. Резонатор

представляет собой «корзину» в виде мелкоячеистой сетки (рис. 3). Для дополнительной защиты от СВЧ излучения установлена мелкоструктурная сетка на выходной апертуре светильника.

Размер ячейки сетки должен быть $a \ll \lambda$, где a – ширина элемента ячейки (рис. 3), λ – длина СВЧ волны, чтобы электромагнитная СВЧ волна не могла распространяться за её пределы и затухала.

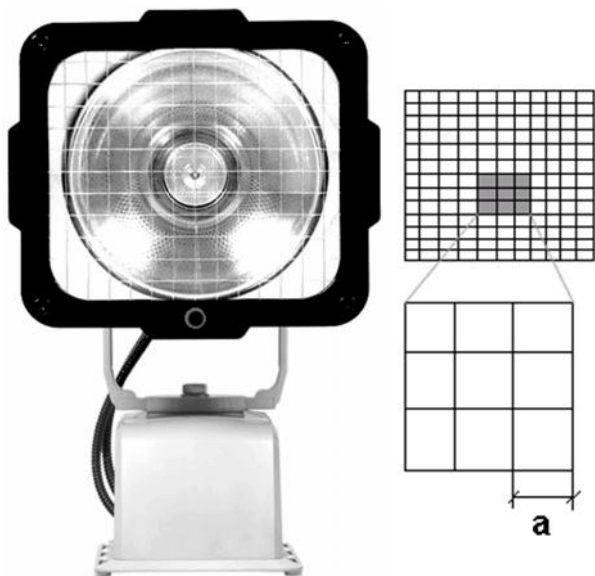


Рис. 3. Плазменный светильник (прожектор): слева – вид спереди, справа – мелкаячеистая сетка выходной апертуры

Для равномерного нагрева колбы с содержимым её вращают. Но можно обойтись без вращения, используя волну с круговой поляризацией [1].

При разогреве давление в колбе может достигать 5 атм. Также важным моментом является необходимость охлаждения колбы [1], так как при слишком высоких температурах сера теряет полиморфные свойства, из-за чего спектр излучения может стать линейчатым.

Применение плазменных светильников

По сравнению с различными существующими источниками света ПС может создавать очень большой световой поток. Например, лампа накаливания мощностью 100 Вт создает световой поток **1350 лм**, люминесцентная лампа 40 Вт – **2000 лм**, газоразрядная лампа 35 Вт ("автомобильный ксенон") – **3000-3400 лм**, светодиод мощностью 40-80 Вт – **6000 лм** [6], а СВЧ плазменный потолочный светильник PSH0731В фирмы LG Electronics мощностью 730 Вт – **58 500 лм**. Поэтому ПС как источники света с большим световым потоком находят применение для освещения больших территорий таких, как стадионы, горнолыжные комплексы, спортивные площадки, проезжие части дорог, они также используются для подсветки флагштоков, рекламно-информационных щитов, зданий и сооружений, помещений с высотой потолков более 6 м, для которых сложно реализовать освещение иными способами. Такими объектами могут быть конференц-залы, общественные, торговые и спортивные здания и сооружения, промышленные и складские помещения. Кроме того, следует отметить, что для стадионов, конференц-залов и других общественных мест, откуда могут вестись телевизионные трансляции, плазменные светильники представляются наилучшим вариантом освещения [1], поскольку обладают сплошным световым

спектром и отсутствием пульсаций, что благотворно влияет на качество телевизионной «картинки». Также они хорошо подойдут для выставочного бизнеса, где востребованы высокая мощность, большой срок работы и качество светового потока.

Также используются плазменные осветительные и облучающие устройства для обеззараживания объектов при одновременном воздействии ультрафиолетового оптического излучения и озона [7]. В последнее время ПС находят применение для освещения в теплицах, так как излучение такого светильника, как упоминалось ранее, близко к солнечному с непрерывным частотным спектром [2, 4].

Преимущества плазменных СВЧ светильников

Важное преимущество ПС – это их быстродействие. Так, для свечения светильника на 80% от номинальной мощности после включения, ему необходимо для разогрева всего 12 с. После выключения повторно можно включить светильник через 5 минут. Для сравнения, МГЛ требует на разогрев около 4 минут, а ее повторное включение возможно не раньше, чем через 15 мин.

Другим преимуществом ПС является их длительный срок службы (средний срок службы лампы компании LG Electronics 50 тыс. часов). Это возможно благодаря тому, что ПС не имеет электродов,

из-за которых в большинстве случаев выходят из строя газоразрядные и люминесцентные лампы.

ПС в течение всего времени работы практически не подвержены «выработке». Так, светоотдача плазменного светильника под конец срока службы может составить 90% от начального значения, в то время как у люминесцентных ламп она может упасть ниже 40%.

Сравним ПС со светильником на основе МГЛ: светоотдача светильника на МГЛ составляет примерно 60-80 лм/Вт, а ПС имеет светоотдачу 80-85 лм/Вт.

ПС является не в пример экологичнее, чем ртутный, металогалогенный и люминесцентный светильники. Так, ртути в ртутной лампе содержится 200-250 мг, в металогалогенной – 100-150 мг, в люминесцентной – 10-20 мг. В ПС ртути нет вообще, что ставит ПС на одну ступень по экологичности со светодиодными. Также ПС не содержит ни свинца, ни мышьяка.

Свет ПС излучает в разы меньше ультрафиолета – на 92% меньше, чем галогенные лампы накаливания с колбой из кварцевого стекла, и на 66% меньше, чем люминесцентные лампы, что благотворно влияет на здоровье людей, работающих под светом таких ламп [1].

И, как уже несколько раз упоминалось ранее, спектр излучения ПС по своему

спектральному составу весьма близок к естественному свету, частотный спектр излучения является сплошной, квазисолнечный. По данному параметру ПС показал себя лучше всех среди присутствующих на рынке. Кроме того, следует отметить возможность плазменного облучателя имитировать режимы восхода и захода солнца. Плазменный облучатель можно включать не сразу в номинальном режиме, а на 60% ниже, постепенно доводя до номинальной мощности, и наоборот. Плазмохимические процессы в лампе-горелке проходят таким образом, что повторяют солнечные спектры восхода и захода солнца. [2]. Поэтому, плазменная лампа оказалась прекрасным источником света для растений. Это благодатно сказывается на ходе процессов фотосинтеза, которые обычно идут только под солнечным светом [1, 2, 4].

Литература

1. Плазменные светильники: экологичность и сплошной спектр, www.magazine-svet.ru/review/63804.
2. Жидков Р.А., Малышев В.В. Плазменный облучатель для выращивания зеленных культур в теплицах // Вестник ВИЭСХ. Вып. 1(10), 2013. – С. 45–47.

3. Александрова О.Ю. Бондаренко С.М. Гутцайт Э.М. Жидков Р.А. Плазменные осветительные устройства на основе СВЧ-разряда. Технологии информационного общества // Т-Comm. 2013. № 9. – С. 9-11.
4. Жидков Р.А. Облучатель с серной лампой для растениеводства// Всероссийская научная конференция «Проблемы СВЧ Электроники». Москва, 2013. – С. 65-67.
5. Серная лампа. Многообещающее начало и... непрогнозируемое будущее? Часть I. Немного истории и про устройство лампы, www.russianelectronics.ru:808/reader-r/review/2195/doc/56392.
6. Световой поток типичных источников света, www.dpva.info/Guide/GuidePhysics/LightAndColor/LightFlowEfficiency.
7. Жидков Р.А. Камерные, погружённые и антенно-облучательные бактерицидные устройства комбинированного воздействия СВЧ-УФ-излучений и озона // ВЭИ. Высоковольтная вакуумно-плазменная электроника. Сб. тр. – Москва, 2008. – С. 216–220.