

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ И ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.385

А.А. Гавриленко, Я.А. Кунгс

ПЛАЗМЕННЫЕ ЛАМПЫ

В статье рассмотрены вопросы энергосбережения в освещении. В частности, речь идет о конструкции и области применения плазменных ламп, технико-экономический потенциал которых может превзойти потенциал всех современных источников света.

Ключевые слова: плазменная лампа, электромагнитное поле, магнетрон, серная лампа.

А.А. Gavrilenko, Ya.A. Kungs

PLASMA LAMPS

The issues of the energy conservation in lighting are considered in the article. The design and the application of plasma lamps which technical and economic potential can surpass the capacity of all modern light sources are discussed in particular.

Key words: plasma lamp, electromagnetic field, magnetron, sulfuric lamp.

В 2009 г. в нашей стране был принят Закон “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации”, в соответствии с которым к 2014 г. предусматривается полная замена ламп накаливания на более современные и экономичные. К последним относятся люминесцентные лампы высокого и низкого давления, светодиодные лампы и плазменные лампы. Все они имеют свои достоинства, недостатки и области применения [3]. Остановимся на истории создания, устройствах, технических характеристиках, а также сравнительном анализе современных ламп.

В 1990 г. Fusion Systems Corporation была небольшой преуспевающей компанией по выпуску высокоспециализированной продукции. Основанная четырьмя учеными и одним инженером, компания в течение многих лет продвигала на рынок разрабатываемые ею установки ультрафиолетового (УФ) облучения с лампами, питаемыми микроволновым излучением. Они успешно использовались в ряде промышленных технологий, в частности, для фотопечати, фотополимеризации, в изготовлении полупроводниковых элементов и т.д. Интересно, что первая такая установка, появившаяся в 1976 г., пользовалась большим успехом у промышленников, которым требовался быстрый и эффективный способ сушки чернил. Крупнейшая пивоварня, например, приобрела эти системы для нанесения этикеток на пивные банки.

В 1980 и в 1986 гг. инженер Майкл Ури, физик Чарльз Вуд и их коллеги ставили эксперименты по адаптации имевшейся системы для получения уже видимого света. Обычные газоразрядные лампы ограничены в своих возможностях, так как для поддержания электрического разряда им требуются электроды. Вольфрамовые электроды, как наиболее теплостойкие, являются самыми распространенными, поэтому химически активные материалы и элементы, которые могут вызвать эрозию вольфрама, не используются в таких разрядных лампах. В ультрафиолетовой же лампе компании Fusion Systems эта проблема уже была решена. Безэлектродный разряд в ней возбуждался и поддерживался за счет микроволнового излучения, что позволяло проводить эксперименты с различными нетрадиционными материалами, в т.ч. с серой.

В 1980 г. Ури и Вуд впервые попытались использовать серу в *линейных* УФ-лампах, однако эта попытка не принесла успеха. Одна лампа взорвалась, и идея использования серы была отложена. Позднее, занимаясь совершенствованием конструкции УФ-лампы, они попробовали заменить линейную трубку вращающейся сферой. Целью такого эксперимента была попытка изготовить безэлектродную металлогалогенную лампу, которая могла бы пригодиться в одном специализированном проекте. Однако из-за проблем с цветопередачей этот проект также был отложен.

Наконец, в 1990 г. все необходимые составляющие успеха – сера и новая разрядная колба – воссоединились. Именно тогда Ури вспомнил об экспериментах с серным наполнением лампы и поручил инженеру Джиму Долану проверить этот элемент в сферической лампе.

16 июля 1990 г. распечатки спектра показали изобретателям то, на что они надеялись, – лампа давала очень яркий белый свет, спектр которого был весьма близок к солнечному (рис. 1). На рис. 1 для сравнения приведены также спектры излучения ряда других ламп. Спектральный анализ показал, что основная часть энергии излучения серной лампы сосредоточена в видимом спектре. Небольшое ее количество находится в ультрафиолетовом и инфракрасном участках спектра. Сразу же широко развернулась работа по исследованию характеристик серной лампы с колбами различных размеров и различным наполнением. Наконец, в 1992 г. на VI Международном симпозиуме по науке и технологии источников света изобретатели сообщили о создании принципиально новой высокоэффективной серной лампы [6].

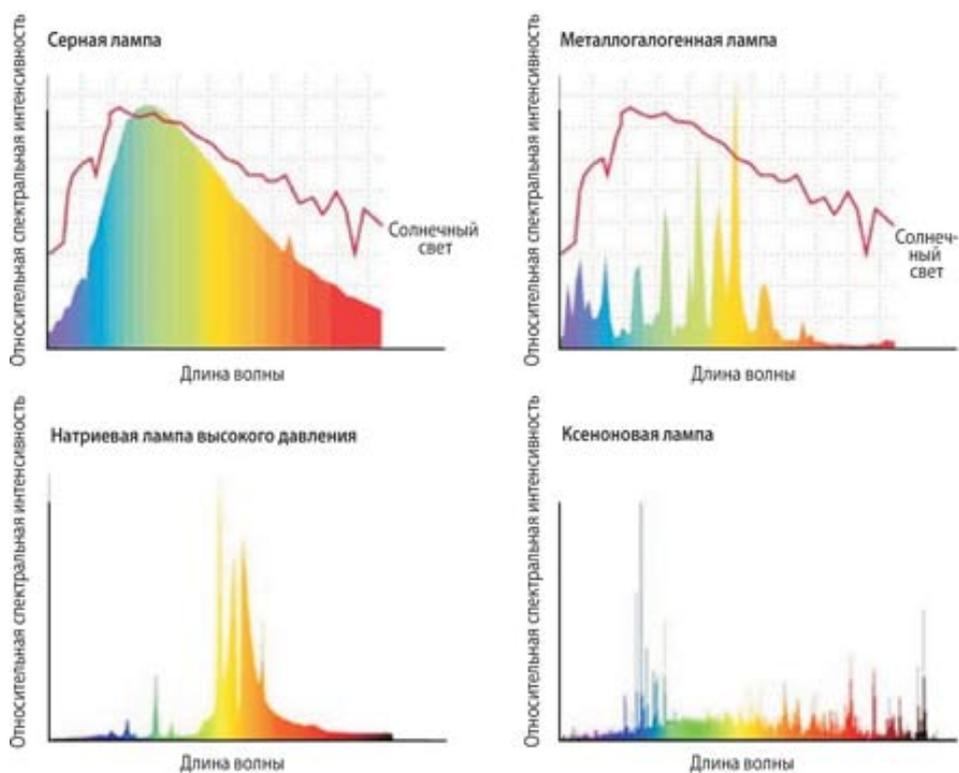


Рис. 1. Примеры спектров излучения различных ламп

После года исследований Ури узнал, что Лорни Уайтхед (из Университета Британской Колумбии) успешно ведет работу по созданию новых оптических пластиков. По его мнению, полые световоды (или в определенном смысле «световые трубы») с внутренним покрытием из таких пластиков были бы идеальным способом транспортировки и распределения света, генерируемого серной лампой.

Но, разумеется, настоятельно требовалась демонстрация такой новой технологии освещения. Ли Андерсон, менеджер Министерства энергетики США по осветительной продукции, уже знал о новой серной лампе и по достоинству оценил потенциал этого изобретения, особенно в энергосбережении. Он предложил организовать публичные демонстрации новой технологии. Для этих целей был выбран Вашингтон (где предлагалось освещать пространство под крытым переходом, связывающим два здания штаб-квартиры Министерства энергетики США) и наиболее посещаемый в мире Национальный аэрокосмический музей. Хотя Ури понимал, что от возможной неудачи такого масштаба откеститься будет невозможно, он согласился с этим планом.

Вопреки опасениям, демонстрация новых технологий, проведенная в октябре 1994 г., оказалась весьма успешной. Серная лампа была отмечена несколькими наградами, в том числе в 1995 г. наградой журнала Discover за технологические инновации. Впоследствии о серных лампах и впечатляющей демонстрации новых технологий освещения писали многие научно-технические журналы. Так, согласно данным [5], при

освещении упомянутого перехода две серные лампы заменили 240 обычных ртутных ламп (каждая мощностью 200 Вт). При этом уровень освещенности увеличился примерно в 4 раза, потребление же электроэнергии сократилось на 72 %. Три большие серные лампы, использованные при освещении Национального аэрокосмического музея, заменили 94 ртутные лампы, что втрое повысило освещенность, уменьшив при этом расход энергии на 25 %. Устройство плазменного светильника, достаточно сложное. Схематично оно показано на рис. 2.

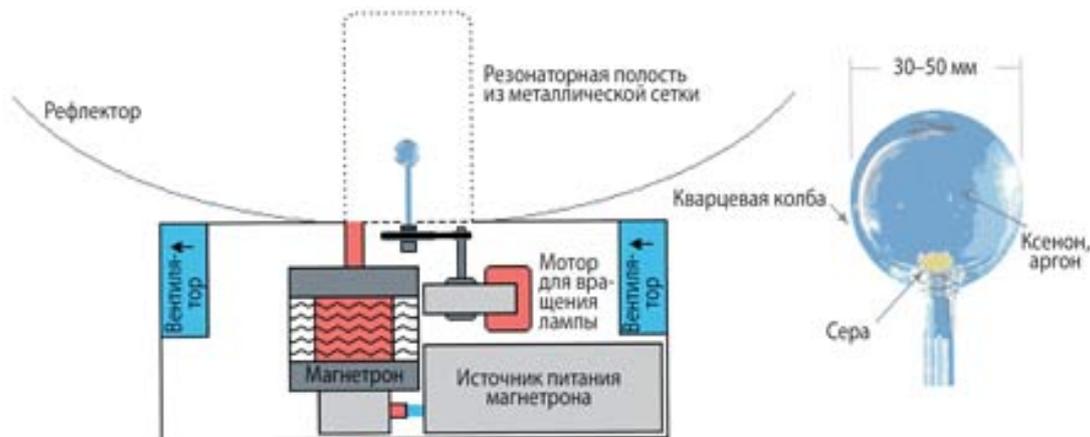


Рис. 2. Основные компоненты плазменного светильника

Источником светового излучения является кварцевая сферическая колба, наполненная порошком серы и инертным буферным газом. Излучающий разряд в смеси серных паров и буферного газа (как правило, аргона) возбуждается микроволновым излучением от магнетрона, охлаждаемого специальным вентилятором. Колба диаметром 30–50 мм заключена в резонаторной полости, выполненной из проволочной сетки. От магнетрона через волновод (по сути, как и в домашних СВЧ-печах) микроволновое излучение частотой 2,45 ГГц подается в резонаторную полость. Это излучение возбуждает разряд в колбе, в результате чего буферный газ и колба нагреваются, в свою очередь, нагревая и испаряя серу. Затем образуется ярко светящийся объем плазмы, излучение которой уже определяется практически только парами серы.

Поскольку нагрев весьма значителен (температура стенки колбы может достигать 1000°C), требуется принудительное охлаждение. Это достигается как вращением колбы с помощью электромотора, так и воздушным потоком. В заключение отметим, что рабочий диапазон температур ламп составляет 35–60°C.

В основном осветительные приборы данного типа предназначены для общественных, торговых и спортивных зданий и сооружений, конференц-залов, промышленных и складских помещений, теплиц. Главным образом, это помещения с высотой потолков от 6 м, для которых сложно реализовать освещение иными способами.

В отличие от светодиодных ламп, плазменные светильники могут создавать большой световой поток, и тем самым пригодны для освещения больших пространств – открытых территорий, стадионов, подсветки флагштоков и рекламно-информационных щитов, подсветки зданий и сооружений и т.д. Следует отметить, что для стадионов, конференц-залов и других публичных мест, откуда могут вестись телевизионные трансляции, плазменные светильники представляются наилучшим вариантом освещения, 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 [6].

Помимо всего прочего, плазменная лампа оказалась прекрасным источником света для растений в силу особенностей своего спектра, так как по спектральной составляющей он наиболее близок к солнечному среди всех присутствующих на рынке. Это благотворно сказывается на ходе процессов фотосинтеза, которые обычно идут только под солнечным светом. Сравнения плазменных ламп с другими источниками света приведены в табл. 1–2.

Сравнительные характеристики современных ламп

Тип лампы	Средний срок службы	КПД	Эффективность, Лм/Вт	Уменьшение светового потока к концу срока службы	Температура эксплуатации, °С	Обслуживание в процессе эксплуатации
ЛН	1000	0,1	4-6	40-60 %	-50+70	Замена ламп
КЛЛ	8000	0,5-0,85	18-22	15-30 %	-20+40	Замена ламп
ИЛЛ	100000	0,9	80-160	10 %	-40+50	Технологическая чистка
СД	50000	0,3-0,5	80-170	30 %	-60+150	Технологическая чистка
ПЛ	50000	0,85-0,9	80-150	10 %	-20+60	Технологическая чистка

Данные различных ламп, собранные экспериментально [1, 2, 5]

Показатель	Лампы						
	накаливания	газоразрядные низкого давления	газоразрядные высокого давления	натриевые	индукционные	светодиодные	плазменные
Светоотдача, Лм/Вт	10-15	70-85	90	100-200	80-130	80-170	85-150
Индекс цветопередачи, Ra	100	70-85	40-60	25	80-90	70-90	85-100
Срок службы, тыс*ч	1	6-9	7	20	100	50-100	50-100-
Цветовая температура, °С	2000-2800	2300-4900	2300-2900	2300-2900	2700-6500	2700-6500	4500-7500
Время включения	Мгновенно	0-30 с	7-10 мин	10 мин	0,1-3 мин	Мгновенно	0,1-1 мин
Схема питания	Нет	Средняя	Средняя	Средняя	Сложная	Средняя	Сложная
Механическая прочность	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя	Низкая	Очень высокая	Высокая
Экология	Безопасна	Ртуть	Ртуть	Ртуть	Ртуть	Безопасна	Безопасна
Горячий перезапуск	Есть	Есть	Нет	Нет	Есть	Есть	Нет
Побочные излучения	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть
Прочие недостатки	Светоотдача, срок службы	Утилизация, мерцание	Утилизация	Утилизация	Утилизация, цена, чувствительность к перепадам напряжения, температуры	Цена	Цена, высокая температура колбы горелки, сложность конструкции

В ходе анализа технических характеристик различных ламп был выявлен ряд преимуществ и недостатков плазменных ламп по сравнению с остальными источниками света (ИС). Например, к числу достоинств можно отнести:

- высокий КПД, который достигает 90 %;
- сплошной квазисолнечный спектр оптического излучения с резко пониженным уровнем излучения в УФ- и ИК-спектре;
- большую светоотдачу;
- отсутствие мерцания источника света;
- высокую долговечность лампы;
- экологическую чистоту материалов наполнения лампы;
- возможность регулировки силы света;
- возможность модульного ремонта в блочных конструкциях крупных ламп;
- малое снижение светоотдачи к концу срока службы до 90 % от первоначального светового потока.

В числе недостатков следует указать:

- сложность конструкции;
- высокую стоимость конструкции при данном развитии технологии;
- высокую температуру колбы горелки, из-за которой происходит необходимость высококачественного кварцевого стекла и защиты от пыли;
- большой диаметр светящегося тела (25–50 мм).

Плазменные лампы – это единственные лампы, которые одновременно излучают во всем спектре оптического излучения (помимо ЛН), имеют высокий уровень светоотдачи и КПД, не имеют вредных веществ в составе и отвечают всем требованиям комфортности источника света. Однако на данном этапе развития технологии эти светильники имеют очень сложную конструкцию и схему питания, что увеличивает их рыночную цену. Исследование данной технологии возобновилось совсем недавно, поэтому в ближайшем будущем ожидается её развитие и спад цен аналогичный спаду цен, на светодиодные ИС. Таким образом, плазменные ИС являются довольно перспективными для освещения улиц, промышленных помещений, теплиц и других отраслей сельского хозяйства.

Литература

1. Айзенберг Ю.Б. Светотехника. – 1995. – № 4. – С. 34.
2. Вдовин В.Г., Корочков Ю.А. Проблемы и перспективы создания высокоэффективных безэлектродных разрядных ламп СВЧ-возбуждения // Светотехника. – 2006. – № 3. – С. 28–32.
3. Кунгс Я.А., Ковалева О.А., Кибардин В.В. Индукционные лампы // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – Вып. 8. – С. 191–197.
4. Dolan J.T., Ury M.G., Wood C.H. Novel high efficacy microwave powered light source. Presented as a landmark paper on VIth International Symposium on the Science and Technology of Light Sources. – Budapest, 1992.
5. Long-life "super lamp" mimics bright sunlight // Elec. Rev. – 1994. – № 22. – P. 18.
6. О появлении плазменных светильников на рынке [Электронный ресурс] // URL:<http://www.liveinternet.ru>.

