

Бесферритная индукционная люминесцентная лампа с замкнутой разрядной трубкой

О.А. ПОПОВ, П.В. СТАРШИНОВ, В.Н. ВАСИНА

НИУ «МЭИ», Москва
E-mail: popovoleg445@yahoo.com

Аннотация

Проведено экспериментальное исследование характеристик безэлектродной бесферритной индукционной люминесцентной лампы с замкнутой разрядной трубкой внутреннего диаметра 30 мм, имеющей вид вытянутого кольца длиной 500 мм и высотой 70 мм. Индукционный разряд возбуждался в смеси паров ртути (давление $\approx 10^{-2}$ мм рт. ст.) и аргона (0,1 мм рт.ст.) на частоте 2,0 МГц при мощности лампы 150–202 Вт с помощью 6-витковой катушки индуктивности (КИ), размещённой на внешней поверхности замкнутой трубки по её «внешнему» периметру. Внутренняя поверхность разрядной трубки покрыта смесью трёх узкополосных люминофоров, обеспечивающих коррелированную цветовую температуру и общий индекс цветопередачи лампы 3100 K и 80 соответственно. Экспериментально установлено, что с повышением поглощаемой плазмой разряда мощности со 127 до 180 Вт напряжение на КИ и ток КИ практически не меняются, и, соответственно, практически не меняется мощность потерь в проводе катушки (22–25 Вт). При этом световой поток лампы возрастает с 10430 до 13500 лм, а световые отдачи разрядной части лампы и лампы в целом снижаются с 82 до 75 лм/Вт и с 70 до 67 лм/Вт соответственно.

Ключевые слова: бесферритная индукционная лампа, ртутный разряд НД, катушка индуктивности, мощность потерь, световая отдача.

1. Введение

Безэлектродные люминесцентные лампы трансформаторного типа (ЛТТ), разряд в которых возбуждается в смеси паров ртути и инертных газов на частоте 0,1–14 МГц, имеют мощность 50–500 Вт, высокую световую отдачу (> 100 лм/Вт) и весьма большой срок службы (> 60000 ч [1,

2]. Однако существенный недостаток ЛТТ – их дорогие, хрупкие кольцевые ферромагнитные магнитопроводы, повышающие себестоимость и снижающие надёжность работы ЛТТ.

В связи с этим представляется актуальным создание бесферритных индукционных ламп с замкнутой разрядной трубкой, обладающих достоинствами ЛТТ, но лишённых их недостатков, связанных с применением кольцевых магнитопроводов. Известны экспериментальные исследования бесферритных ртутных люминесцентных ламп НД с замкнутой разрядной трубкой диаметром 5 и 7 см, возбуждаемых на частоте 100–400 кГц с помощью катушки индуктивности (КИ), размещённой по «внутреннему» периметру лампы [3, 4]. Исследования показали, что световая

отдача разрядной части лампы $\eta_{v, pl}$, выражаемая как

$$\eta_{v, pl} = \Phi_v / P_{pl}, \quad (1)$$

где Φ_v – световой поток лампы, P_{pl} – мощность разряда (поглощаемая плазмой разряда мощность) – практически одинакова с $\eta_{v, pl}$ ЛТТ с такими же конструктивными параметрами разрядной трубки и работающими при таких же уровнях P_{pl} .

Ниже приводятся результаты экспериментальных исследований электрических и фотометрических характеристик бесферритной люминесцентной лампы на основе индукционного ртутного разряда НД, возбуждаемого в замкнутой трубке с помощью КИ, размещённой по её «внешнему» периметру.

2. Экспериментальная установка

Индукционный разряд возбуждался в лампе (рис. 1) на частоте 2,0 МГц при ВЧ мощности лампы $P_{lamp} = 150–202$ Вт в смеси паров ртути и аргона в замкнутой стеклянной трубке внутреннего диаметра 30 мм, внутренняя поверхность которой была покрыта смесью трёх узкополосных люми-

Рис. 1. Схематический вид бесферритной индукционной лампы с замкнутой разрядной трубкой:

1 – разрядная трубка; 2 – катушка индуктивности; Hg – «отросток» с амальгамой; ВЧ – высокочастотное напряжение

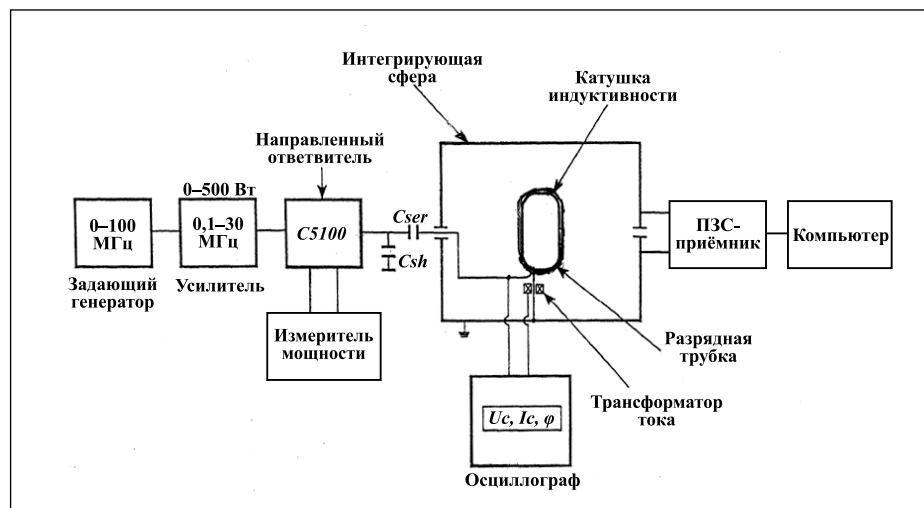
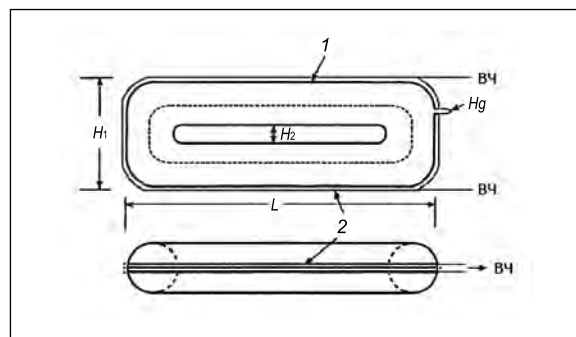


Рис. 2. Блок-схема питания индукционной лампы и измерений её характеристик

Рис. 3. Зависимости светового потока лампы Φ_v и мощности потерь в проводе катушки индуктивности разряда (поглощаемой плазмой разряда мощности) P_c от мощности разряда (P_{pl}): \blacksquare – Φ_v , \blacklozenge – P_c

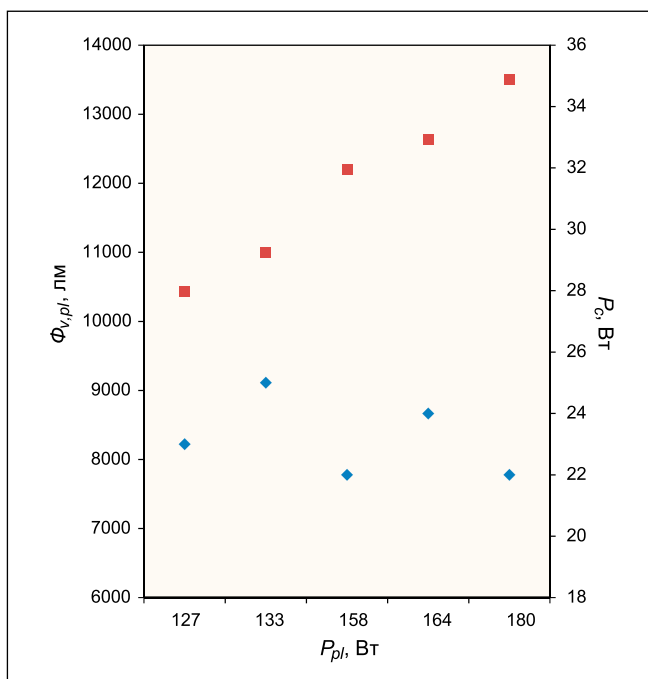


Рис. 4. Зависимости световых отдач лампы (η_v), разрядной части лампы ($\eta_{v,pl}$) и КПД катушки индуктивности разряда (η_c) от мощности разряда (поглощаемой плазмой разряда мощности) P_{pl} : \blacklozenge – $\eta_{v,pl}$, \blacksquare – η_v , \blacktriangle – η_c

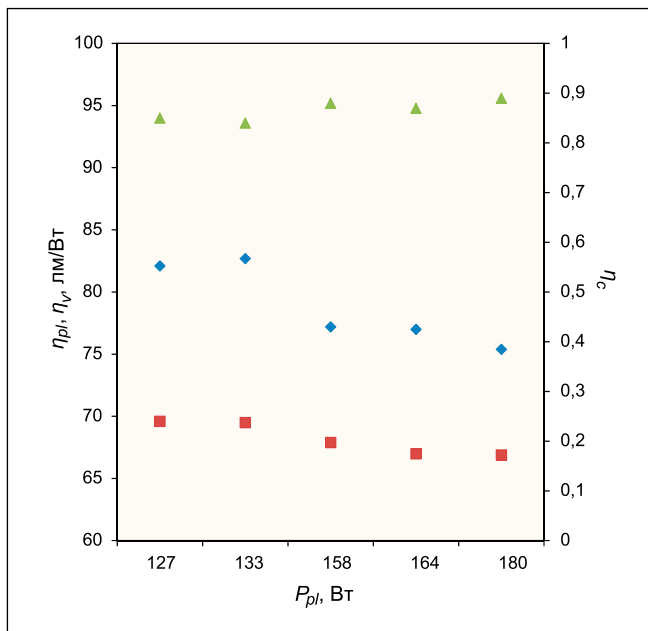
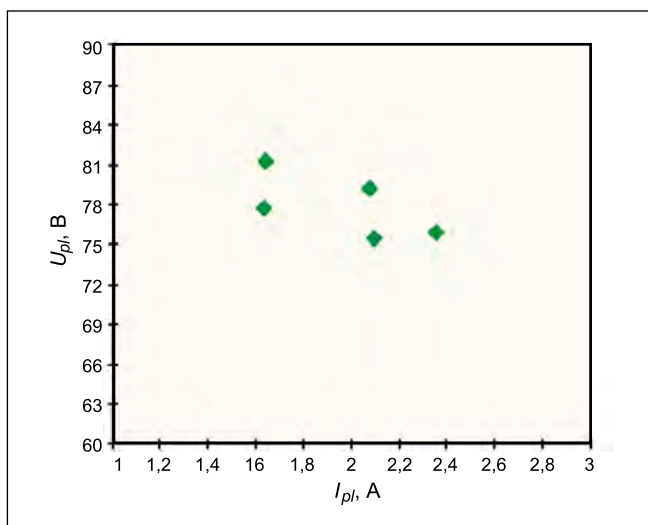


Рис. 5. ВАХ индукционной бесферритной лампы – зависимость напряжения на разрядном витке U_{pl} от его тока (I_{pl})



нофоров, обеспечивающих коррелированную цветовую температуру $T_{кд} = 3100\text{ К}$ и общий индекс цветопередачи $R_a = 80$. Лампа имела вид вытянутого кольца длиной $L = 500\text{ мм}$ и высотой $H_1 = 70\text{ мм}$ с расстоянием между параллельными «длинными» участками разрядной трубки $H_2 = 6\text{ мм}$. 6-витковая КИ из медного посеребрённого провода толщиной $1,6\text{ мм}$ с удельным погонным сопротивлением $2,2 \cdot 10^{-3}\text{ Ом/см}$ (низким) охватывала замкнутую разрядную трубку по её «внешнему» периметру (рис. 1). Оптимальное, по максимуму Φ_v , давление паров ртути ($\approx 10^{-2}\text{ мм рт.ст.}$) соответствовало подобранной температуре амальгамы (*Bi-In-Hg*), а давление аргона составляло $0,1\text{ мм рт.ст.}$

Согласно рис. 2, от задающего генератора синусоидальное напряжение (частотой $2,0\text{ МГц}$) подавалось на широкополосный усилитель, а отсюда – на направленный ответвитель, соединённый через согласующий контур с КИ лампы. С помощью направленного ответвителя (*C5100*) и ваттметра измерялись падающая и отражаемая ВЧ мощности P_{for} и P_{ref} соответственно. Проходящая через ответвитель ВЧ мощность $P_{tr} = P_{for} - P_{ref}$ складывалась из P_{pl} , мощности потерь в проводе КИ P_c и мощности потерь в ёмкостях C_{ser} и C_{sh} согласующего контура P_{cap} . Ток КИ I_c и напряжение на КИ U_c , фазовый сдвиг между ними φ и потребляемые согласующим контуром и лампой мощности ($P_{pl} + P_c$ и P_{cap}) измерялись с помощью высоковольтного пробника, трансформатора тока и 4-канального осциллографа.

Φ_v , спектр излучения лампы, $T_{кд}$ и R_a определялись с помощью компьютеризированной интегрирующей сферы. При этом световая отдача лампы η_v рассчитывалась как $\eta_v = \Phi_v / P_{lamp} = \Phi_v / (P_{pl} + P_c)$, а $\eta_{v,pl}$ – по формуле (1).

3. Результаты эксперимента и их обсуждение

Измерения показали, что в исследованном интервале P_{pl} ($127\text{--}180\text{ Вт}$) I_c , U_c и P_c практически не менялись, находясь в пределах $3,75\text{--}4,0\text{ А}$, $800\text{--}850\text{ В}$ и $22\text{--}25\text{ Вт}$ соответственно, а Φ_v монотонно рос: с 10440 лм ($P_{pl} = 127\text{ Вт}$) до 13500 лм ($P_{pl} = 180\text{ Вт}$) (рис. 3).

КПД КИ η_c , определяемый как $\eta_c = 1 - P_c / (P_{pl} + P_c)$, с повышением P_{pl}

в указанном интервале возрастал – с 0,85 до 0,89, а $\eta_{v,pl}$ и η_v снижались – с 82 до 75 лм/Вт и с 70 до 67 лм/Вт соответственно (рис. 4). Снижение $\eta_{v,pl}$ с повышением P_{pl} (концентрации электронов), очевидно, связано с возрастанием частоты тушащих соударений возбуждённых атомов ртути с электронами [4, 5].

Полученные в работе значения $\eta_{v,pl}$ бесферритной люминесцентной лампы с замкнутой разрядной трубкой на 5–7 % ниже, чему у ЛТТ с разрядной трубкой диаметром 35 мм, возбудяемой на частоте 135 кГц при таких же, как в исследованной лампе, удельных мощностях плазмы [6].

В рамках трансформаторной модели индукционного разряда [3] нами был проведён расчёт ВАХ такого разряда (зависимость ВЧ напряжения на плазменном витке U_{pl} от разрядного тока лампы I_{pl}). Из рис. 5 видно: ВАХ носит слабо выраженный падающий характер («отрицательная» ВАХ), что является характерной особенностью плотной ртутной плазмы НД [5, 7].

4. Заключение

Экспериментально установлено, что $\eta_{v,pl}$ бесферритной индукционной люминесцентной ртутной лампы НД с замкнутой разрядной трубкой внутреннего диаметра 30 мм, работающей при $P_{pl} = 120–150$ Вт (удельная мощность $P_l = 1,2–1,4$ Вт/см), превышает 80 лм/Вт. Повышения $\eta_{v,pl}$ можно добиться, увеличив этот диаметр, либо повысив давление аргона до 0,2–0,3 мм рт. ст., при котором в ЛТТ с разрядной трубкой меньшего диаметра (16,6 мм), работавшей при $P_l = 2,1$ Вт/см, наблюдался максимум потока излучения в линии ртути 254 нм [8]. Учитывая, что $\eta_v = \eta_c \cdot \eta_{v,pl}$ для существенного повышения η_v следует поднять η_c до 0,95–0,97 снижением P_c до 3–5 Вт. Этого можно добиться, используя в КИ многожильный провод (литцендрат) с низким удельным сопротивлением: не более $5 \cdot 10^{-4}$ Ом/см [3, 4, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shaffer J.W., Godyak V.A. The development of low frequency high output electrodeless fluorescent lamp // J. Illum. Eng. Soc.– 1999. – No. 28. – P. 142–144.
2. Попов О.А., Чандлер Р.Т. Индуктивный источник света трансформаторного

типа на частотах 150–400 кГц мощностью 200–500 Вт // Теплофизика высоких температур.– 2007.– № 4. – С. 795–800.

3. Popov O.A., Chandler R. Ferrite-free high power electrodeless fluorescent lamp operated at a frequency of 160–1000 kHz // Plasma Sources Sci. Technol.– 2002. – Vol. 11, No. 2. – P. 218–227.

4. Попов О.А., Никуфорова В.А. Индукционный бесферритный источник света мощностью 300–400 Вт на частоте 200–400 кГц // Вестник МЭИ.– 2010.– № 2. – С. 159–164.

5. Elenbaas W. Light sources. – N.Y.: Crane, Russak & Co, 1972.– 240 p.

6. Попов О.А. Исследование и разработка индукционных люминесцентных источников света на частотах 100–15000 кГц / Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: Изд. МЭИ, 2011.– 40 с.

7. Свитнев С.А., Старшинов П.В., Левченко В.А., Попов О.А. Экспериментальное исследование электрических и оптических характеристик безэлектродной УФ-лампы трансформаторного типа // Светотехника.– 2014.– № 6. – С. 39–43

8. Левченко В.А., Попов О.А., Свитнев С.А., Старшинов П.В. Электрические и излучательные характеристики лампы трансформаторного типа с разрядной трубкой диаметром 16,6 мм // Светотехника.– 2016.– № 1. – С. 41–44.



Попов Олег Алексеевич, доктор техн. наук. Окончил в 1965 г. МЭИ. Профессор кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ»



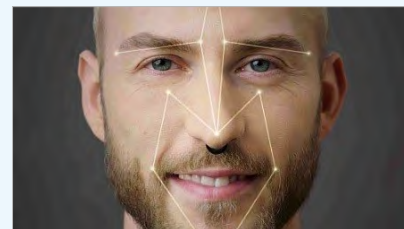
Старшинов Павел Валерьевич, магистр техн. наук. Окончил в 2015 г. кафедру «Светотехника» НИУ «МЭИ». Аспирант этой кафедры



Васина Виктория Николаевна, студент кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ»

Новый ИК диод компании Osram обеспечивает лучшее распознавание по лицу

Когда Osram открывала в прошлом году в Малайзии свой завод светодиодных кристаллов, обошедшийся в \$440 млн она утверждала, что завод будет обеспе-



чивать потребности не только освещения, но и всего «цифрового» мира. В подтверждение этого она представила усовершенствованный ИК диод для распознавания по лицу при разблокировке компьютеров и телефонов.

Двумерное распознавание по лицу – один из нескольких биометрических методов, который наряду со сканированием сетчатки, регистрацией отпечатков пальцев и др. предохраняет технические устройства от несанкционированного доступа. При этом текущее изображение сравнивается с ранее сохранёнными данными о чертах лица человека, таких как ширина рта, длина переносицы и расстояние между глазами.

Новый ИК диод SYNIOS P2720 (940 nm) даёт несколько более длинноволновое (940 нм), чем ранее использовавшееся (850 нм) излучение. По утверждению компании Osram, это ослабляет эффект красноты (red glow) в изображении лица.

Osram утверждает, что новый ИК диод уже в продаже и имеет те же размеры, что и более ранний вариант SYNIOS P2720 (850 nm). Компания производит его на своих заводах в Пенанге, Малайзия, и Регенсбурге, Германия.

При официальном открытии завода в Пенанге в ноябре 2017 г. оптимистично говорилось о рынке, который будет использовать СД не только для освещения, но и в других применениях: например, в биометрии (для обеспечения безопасности компьютеров), в датчиках для тренажёров для фитнеса, в устройствах, обеспечивающих возможность управления автомобилями без водителей и беспилотниками, по большей части с использованием интернета вещей. При этом, демонстрируя свою глубокую убеждённость, генеральный директор Osram O. Berlien официально открыл ворота завода, посмотрев на пластинку с СД-иридосканером этой компании.

ledsmagazine.com
21.02.2018