

Приводится метод определения коэффициента ионно-электронной эмиссии катодов в люминесцентных лампах типа ЛБ-20 и ЛБ-40.

УДК 621.327.535

В. К. Свешников, докт. техн. наук
В. Н. Куплинов, канд. техн. наук
Мордовский государственный педагогический институт
им. М. Е. Евсевьева,
430007, г. Саранск,
ул. Студенческая, 11а,
mail: mgpi@moris.ru

МЕТОД ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА ИОННО-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ ЭЛЕКТРОДОВ В ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМПАХ

Одной из актуальных проблем совершенствования конструкции и технологии изготовления люминесцентных ламп является разработка простых и доступных методов определения параметров их электродов. В связи с этим нами предлагается метод оценки коэффициента γ выхода электронов из катода под действием ионов.

Известные методы определения коэффициента γ ионно-электронной эмиссии основаны на снятии зависимости ионизационного тока от расстояния между электродами при постоянных напряженности электрического поля и давлении газа [1]. Эти методы сложны и требуют использования специальной конструкции прибора. В [2] предложен метод определения γ в разрядной трубке с цилиндрическими электродами. Он основан на измерении напряжения пробоя катод-внешний электрод.

Нами, в развитие метода [2], предлагается определение коэффициента γ электродов в люминесцентных лампах с использованием внешнего электрода 3 (рис.1).

В приведенной на рис. 1 схеме определения коэффициента γ нами использовался пластинчатый электрод 3. Применение пластинчатого электрода по сравнению с кольцевым электродом, охватывающим колбу лампы в приэлектродной области позволяет уменьшить: 1) влияние траверз на эмиссионный ток вследствие пленочного эффекта из-за осаждения на траверзы оксидов щелочноземельных металлов; 2) влияние неоднородности структуры стеклянной оболочки на емкость промежутка внешний электрод-внутренняя стенка колбы.

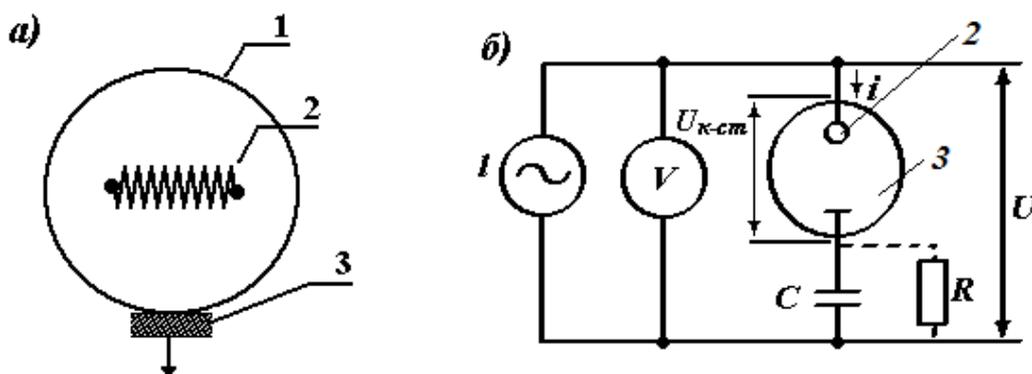


Рис. 1. а) Сечение лампы в приэлектродной области; б) Эквивалентная схема для расчета напряжения пробоя промежутка катод-внешний электрод. 1 - колба; 2 - катод; 3 - внешний электрод

Исходя из эквивалентной схемы включения лампы с внешним электродом

(рис.1 б) напряжение пробоя катод-внешний электрод равно:

$$U = \sqrt{(U_{к-ст})^2 + \left(\frac{RI}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \right)^2}. \quad (1)$$

Сопротивление стеклянной оболочки определяется по формуле $R = \rho \frac{d}{S}$, где $\rho \approx 10^{11} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $S = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ - площадь внешнего электрода 3; $d = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ - толщина оболочки колбы лампы. Емкость плоского конденсатора определялась по формуле

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d},$$

где $\varepsilon = 6.5$. Значение емкости равно $C \approx 4.6 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}$.

Изображенная на рис.1а система электродов может быть упрощена и сведена к эквивалентной цилиндрической системе (рис. 2б) [3].

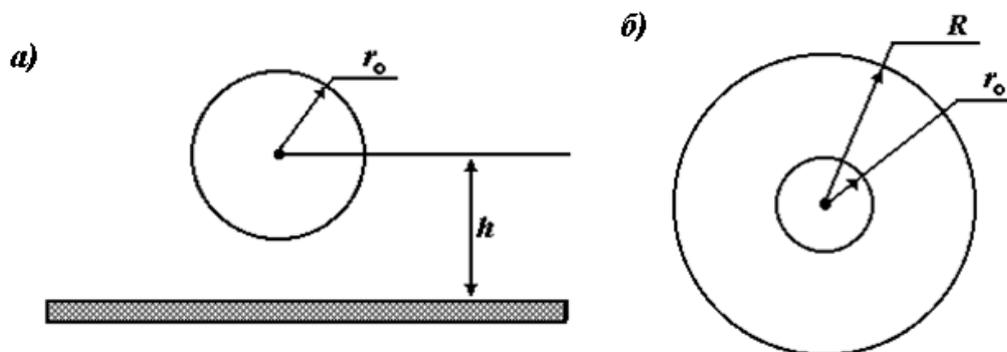


Рис. 2. а) электродная система в опыте; б) эквивалентный цилиндрический диод для расчета напряжения пробоя катод-внешний электрод. h – расстояние от внешнего электрода до центра катода

В такой системе электродов критерием пробоя самостоятельного разряда является [4]:

$$1 - \gamma \left\{ \exp \left(\int_{r_0}^R \alpha dr \right) - 1 \right\} = 0, \quad (2)$$

где γ - коэффициент вторичной ионно-электронной эмиссии катода; α - коэффициент объемной ионизации газа; r_0 - радиус катода; R - радиус внешнего эквивалентного цилиндра; r - текущий радиус.

Зависимость напряжения пробоя промежутка катод-стенка лампы от коэффициента ионно-электронной эмиссии устанавливалась при следующих допущениях:

1. Рекомбинация заряженных частиц в объеме лампы отсутствует.
2. Концентрация атомов газа и паров ртути постоянны в объеме лампы.
3. Катод имеет цилиндрическую форму.

Рекомбинация электронов и ионов в разрядном промежутке начинает сказываться при значениях плотности разрядного тока порядка единиц А/см^2 . При пробое разрядного промежутка катод-стенка в люминесцентной лампе плотность тока составляет 10^{-10} - 10^{-5} А/см^2 .

Допущение 2 справедливо при отсутствии больших перепадов температур (десятки градусов) в объеме лампы. В рассматриваемом случае $r_0 \ll h$, следовательно $R \approx 2h$ [3].

Используя зависимость α от давления P газа в виде $\frac{\alpha}{P} = -\alpha_0 + \alpha_1 \left(\frac{E}{P}\right) - \alpha_2 \left(\frac{E}{P}\right)^2$ [3], а также выражения для напряженности электрического поля $E = \frac{U_{к-вн}}{r \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)} = \frac{U_{к-вн}}{r \ln\left(\frac{2h}{r_0}\right)}$ и соотношения (1) и (2) получаем выражение для коэффициента γ .

$$\gamma = \left\{ \exp \left[kP + \frac{1}{c} \sqrt{U^2 - \frac{E^2 I^2}{1 + (\omega RC)^2}} \right] - 1 \right\}^{-1}, \quad (3)$$

где $k = -2\alpha_0(h - r_0)$; $c = \frac{\ln(2h/r_0)}{\alpha_2 [\ln(2h/r_0) - \ln r_0]}$

Таким образом, измеряя напряжение пробоя и ток пробоя промежутка катод-внешний электрод можно определить коэффициент ионно-электронной эмиссии катода люминесцентной лампы.

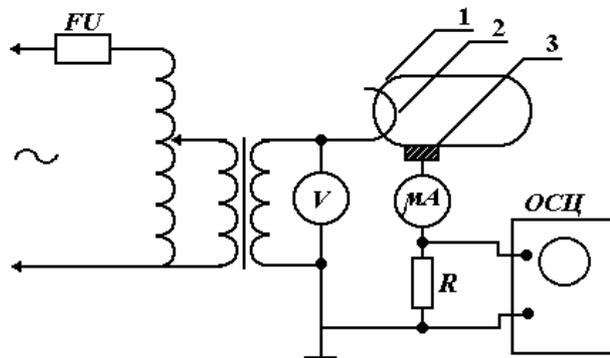


Рис. 3 – Схема включения лампы для измерения γ : 1 - колба; 2 - катод; 3 - внешний электрод

Экспериментальное определение γ производилось при подключении лампы по схеме, изображенной на рис.3. Частота переменного тока равнялась 50 Гц. Использовались лампы типа ЛБ-20 и ЛБ-40, изготовленные по типовой технологии и наполненные аргоном до давления 266.6 Па. К внешней поверхности колбы лампы в области катода прикреплялась пластинка из никелевой фольги толщиной 10^{-3} м и размером $2 \cdot 10^{-2} \times 2 \cdot 10^{-2}$ м. Напряжение, снимаемое с трансформатора через резистор $R = 10^4$ Ом, подается на вертикальный вход осциллографа. Ток пробоя определяли по величине падения напряжения на резисторе $R = 10$ кОм. Была принята следующая методика измерений. Плавно увеличивая напряжение, прикладываемое к катоду и внешнему электроду, на осциллографе наблюдаем появление импульса тока. Указанная величина является напряжением пробоя промежутка катод-внешний электрод. При этом в темноте наблюдается слабое свечение в плоскости катода. Полученные значения напряжения и тока пробоя приведены в ниже в таблице.

Таблица
Значения величин напряжения и тока пробоя катод лампы-внешний электрод

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $U_{пр}, В$ | 112 | 113 | 112 | 113 | 112 | 113 | 112 | 112 | 113 | 113 |
| $I_{пр} \cdot 10^7 А$ | 4.1 | 4.2 | 4.1 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 4.3 | 4.2 | 4.1 | 4.4 |
| $U_{ср.ар}, В$ | 113 | | | | | | | | | |
| $I_{ср.ар} \cdot 10^7, А$ | 4.1 | | | | | | | | | |

Далее по значению найденного напряжения пробоя из формулы (3) находили значение γ . Среднее значение γ , найденное предложенным методом, составило 0,06 и принадлежит интервалу значений $\gamma=0,02-0,2$, опубликованному в [5]. Таким образом, значения γ , найденные исходя из предложенного нами метода, хорошо согласуются с данными, приведенными в известной литературе. Это позволяет сделать вывод о правомерности использования предложенного метода для оценки коэффициента ионно-электронной эмиссии электродов в люминесцентных лампах.

Литература

1. Новиков А. Е. Пробой и развитие разряда в люминесцентных лампах при бесстартерном зажигании. // Светотехника. - 1962. - №12. - С.4-8.
2. Свешников В.К. К определению коэффициента электронной эмиссии под действием ионов. // Светотехника. - 1977. - N 5. - С.12.
3. Димов И. Г. Первый коэффициент ионизации Таунсенда в смеси аргон-ртуть. // Труды МЭИ/ Материалы и приборы электронной техники. - 1979. - Вып. 403. - С. 15-18.
4. Грановский В.Л. Электрический ток в газе. - М.: Наука, 1971. - 544с.
5. Рощин А.Е. Влияние изменения коэффициента ионно-электронной эмиссии на зажигание люминесцентных ламп. // Светотехника. - 1976. - №12. - С.9-10.

МЕТОД ОЦІНКИ КОЕФІЦІЄНТА ІОННО-ЕЛЕКТРОННОЇ ЕМІСІЇ КАТОДІВ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП

В. К. Свешніков, В. М. Куплінов

Наводиться метод визначення коефіцієнта іонно-електронної емісії катодів в люмінесцентних лампах типу ЛБ-20 і ЛБ-40.

THE METHOD OF THE COEFFICIENT OF THE ION-ELECTRON EMISSION CATHODE IN FLUORESCENT LAMPS

V. Sveshnikov, V. Kuplinov

Provides a method of determining the coefficient of the ion-electron emission cathode fluorescent lamps in ЛБ-20 and ЛБ-40.