

## О РАСЧЕТЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ФОТОКАТОДА НА ОСНОВЕ ЕГО ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Х.Н. ВЕЗИРОВ, Н.Г. ГАСЫМОВ, И.Н. ИБРАГИМОВ, Г.Ф. ГУСЕЙНОВ

Институт Фотозлектроники АН Азербайджана,  
Баку-370141, ул. Ф. Агаева, 555 кв-л

Проблема повышения надежности вакуумных фотозлектронных приборов выдвигает актуальную проблему исследования процесса деградации чувствительного элемента этих приборов - фотокатода. Полученная в статье формула позволяет рассчитывать температуру наиболее нагретых участков фотокатода.

Существует несколько факторов, приводящих к утомлению (потере эффективности фотоэмиссии) фотокатодов [1]. Многие из них изучены в достаточной степени. Однако роль некоторых по сей день остается спорной. К таким факторам относится нагрев фотокатода под воздействием проходящего по нему тока. В работе [2] пытались выяснить степень влияния разогрева фотокатода за счет выделяемого в нем джоулева тепла на скорость потери чувствительности. Считалось, что в процессе работы вакуумного фотозлектронного прибора его фотокатод должен довольно сильно нагреваться. Действительно, расчет показывает, что удельная тепловая мощность (т.е. мощность, выделяемая в единице массы вещества) фотокатода в нормальном режиме работы фотозлектронного прибора, например, электронно-оптического преобразователя типа М-9 [3], может иметь величину порядка 0,5 Вт/г. Для сравнения, удельная тепловая мощность электропаяльника мощностью 100 Вт в рабочем режиме составляет примерно 1 Вт/г, и при этом он разогревается до 300°C. Так как из-за весьма малой массы полупрозрачных фотокатодов никакими приборами (например, термопарой) их температуру непосредственно измерить невозможно, в [2] предполагалось, что фотокатод разогревается и поэтому его температуру, а стало быть и утомление, пытались уменьшить обдувом подложки фотокатода потоком воздуха. Результаты эксперимента оказались совершенно непонятными.

Поскольку в настоящее время повышение надежности вакуумных фотозлектронных приборов является очень актуальной проблемой, а выяснение причин деградации фотокатодов (в частности, связанных с их разогревом) требует затраты больших средств, в данной работе осуществлена попытка теоретического установления возможности разогрева фотокатода джоулевым теплом и получения аналитического выражения для температуры наиболее разогретых его участков.

Понятно, что при работе фотозлектронного прибора, т.е. при протекании тока через фотокатод, наибольшая тепловая мощность будет выделяться на участках фотокатода с повышенным электросопротивлением. Проведение экспериментов по специально разработанному методу [4] показало, что наибольшим электрическим сопротивлением обладают участки рабочей области фотокатода, прилегающие к манжете (металлическому контактному слою, посредством которого осуществляется контакт фотокатода с внешним контактным выводом прибора [5]), причем величина этого сопротивления может на несколько порядков превосходить сопротивление остальных участков

фотокатода. Так для серебрено-кислородо-цезиевого фотокатода прибора М-9 это сопротивление имеет величину порядка  $10^4 - 10^5$  Ом.

Поэтому необходимо рассчитать температуру именно приграничной с манжетой области фотокатода. С этой целью решим задачу о рассеивании джоулева тепла подложкой фотокатода. Сперва найдем тепловое сопротивление  $Q$  подложки и по известной [6] формуле

$$\Delta T = PQ \quad (1)$$

определим нагрев  $\Delta T$  (т.е. разность между температурами области выделения тепла и окружающей среды), где  $P$  - мощность джоулева тепла.

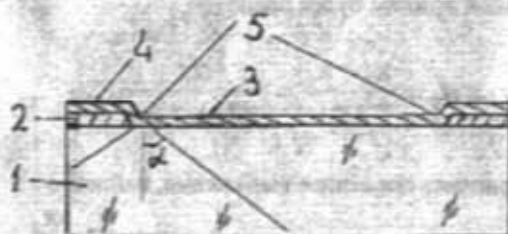


Рис. 1. Поперечный разрез подложки фотокатода: 1-подложка; 2-манжета; 3-рабочая область фотокатода; 4-нерабочая область фотокатода; 5-участок фотокатода вдоль внутренней границы манжеты с максимальным электрическим сопротивлением.

На рис. 1 показан поперечный разрез подложки фотозлектронного прибора и область фотокатода в виде кольца (область повышенного сопротивления, в которой выделяется основная часть джоулева тепла). Как видно из рис. 1, тепло от каждой маленькой площадки фотокатода может распространяться через подложку в направлениях, образующих призмы. Поэтому найдем тепловое сопротивление  $q$  одной призмы. Эту призму (рис. 2) можно представить как состоящую из отдельных, приложенных друг к другу, элементарных призм с увеличивающимися площадями поперечного сечения, при условии, что их число стремится к бесконечности, а высота призм стремится к нулю. Общее тепловое сопротивление одной призмы будет равно сумме тепловых сопротивлений от-

дельных элементарных призм:  
 $q = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum q_i$

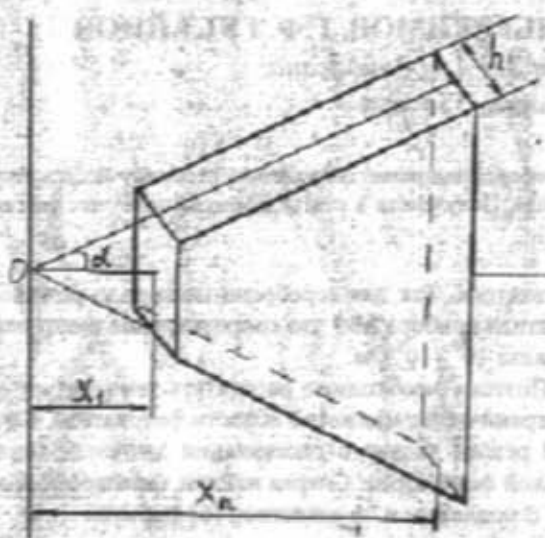


Рис. 2. Призма.

Известно, [6], что  $q = \frac{x}{\lambda S}$ , где  $S$  - площадь поперечного сечения,  $x$  - длина,  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности материала. Тогда тепловое сопротивление первой элементарной призмы будет равно

$$q_1 = \frac{x_2 - x_1}{\lambda S_1} = \frac{dx}{2\lambda h x t g \alpha}$$

Принтегрировав последнее выражение, найдем  $q$

$$q = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{2\lambda h x t g \alpha} = \frac{1}{2\lambda h t g \alpha} \ln x \Big|_{x_1}^{x_2} = \frac{\ln \frac{x_2}{x_1}}{2\lambda h t g \alpha} \quad (2)$$

Эта формула для определения теплового сопротивления одной призмы. Для определения общего теплового сопротивления

твения  $Q$  участка подложки (стекло) в виде кольца, над которым в фотокатоде выделяется тепло, необходимо в (2)  $h$  заменить на  $L$ , где  $L$  - сумма всех  $h$ , т.е. протяженность внутренней границы рабочей области манжеты (т.е. длина границы рабочей области фотокатода) и учесть, что  $L = \pi D$ , где  $D$  - длина рабочей области фотокатода. Тогда

$$Q = \frac{\ln \frac{x_2}{x_1}}{2\pi D \lambda t g \alpha} \quad (3)$$

Подставляя (3) в (1) и учитывая то, что  $P = I^2 R$ , где  $I$  - ток через фотокатод,  $R$  - электрическое сопротивление фотокатода, окончательно получим

$$\Delta T = I^2 R \frac{\ln \frac{x_2}{x_1}}{2\pi \lambda D t g \alpha} \quad (4)$$

Подставляя в (4) значения параметров фотоэлектронного прибора, можно получить для этого прибора температуру наиболее нагретого участка фотокатода.

Найдем температуру фотокатода при самых жестких условиях работы фотоэлектронного прибора, например типа М-9. Для этого прибора  $D = 5$  см,  $\lambda = 1$  Вт/мК,  $x_2 = 0,34$  см,  $x_1 = 3 \cdot 10^{-6}$  см (толщина фотокатода),  $t g \alpha = 10$ . Так, даже при токе 100 мкА (обычные значения тока для этого прибора - несколько мкА) и переходном сопротивлении  $10^7$  Ом (обычное значение, как указывалось выше,  $\sim 10^5$  Ом),  $\Delta T$  будет иметь величину примерно 0,5 К, т.е. температура приграничных областей фотокатода будет превышать температуру окружающей среды не более, чем на 0,5 °С. Это температура наиболее нагретого участка фотокатода. В центральных же областях фотокатода его температура еще меньше и практически равна температуре окружающей среды.

Таким образом, для нормальных режимов работы обычных фотоэлектронных приборов, нагрев фотокатода джоулевым теплом следует исключить из числа факторов, ответственных за их утомление.

- [1] Н.А. Соболева, А.Г. Берковский, Н.О. Чечик, Р.Е. Елизеев. Фотоэлектронные приборы. М.: Наука, 1965, с.592.
- [2] К. Miyaki, M. Keyashi. Rev. Sci. Instr., 1961, v.32, p.929-933.
- [3] М.М. Бутслов, Б.М. Степанов, С.Д. Фанченко. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. М.: Наука, 1978, с. 432.

- [4] X.N. Vazirov. Avt. свид. SU № 1802636, Кл. Н 01 J 9/42, 31/50, 1992.

- [5] В. Гартиман, Ф. Бергард. Фотоэлектронные умножители. М.-Л.: Госизоргиздат, 1961, с.208.

- [6] X. Кулики. Справочник по физике. М.: Мир, 1982, с.520.

X.N. Vazirov, N.G. Gasimov, İ.N. İbrahimov, O.F. Hüseyinov

### FOTOKATODUN FİZİKİ PARAMETRLƏRİNƏ ƏSASƏN TEMPERATURUNUN HESABLANMASI HAQQINDA

Vakuumlu fotoelektron cihazlarının e'tibarlılığını artırmaq problemi fotokatodların deqradasiya prosesinin tedqiqi məsələsini irəli sürür.

Məqalədə alınmış formula fotokatodun daha qızmış sahələrinin temperaturunu hesablamğa imkan yaradır.

Kh.N. Vezirov, N.G. Gasimov, I.N. Ibragimov, G.F. Guseinov

ABOUT CALCULATION OF TEMPERATURE OF PHOTOCATHODE BASED ON IT'S PHYSICAL PARAMETERS

The problem of the increase of reliability of vacuum photoelectric devices raises the actual task for investigation of photo-cathode degradation. The formulae obtained in this paper give an opportunity to calculate the temperature of photocathode warmest parts.

Дата поступления: 10.09.97

Редактор: Д.Ш. Абдиев

Проблема повышения надежности вакуумных фотоэлектронных устройств ставит перед собой задачу исследования деградации фотоэлектронных катодов. В данной статье на основе физических параметров катодов получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронных катодов.

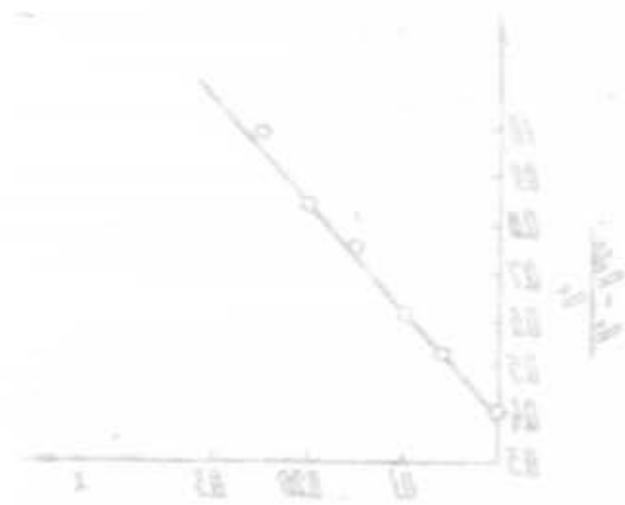


Рис. 1. Зависимость температуры фотоэлектронного катода от тока.

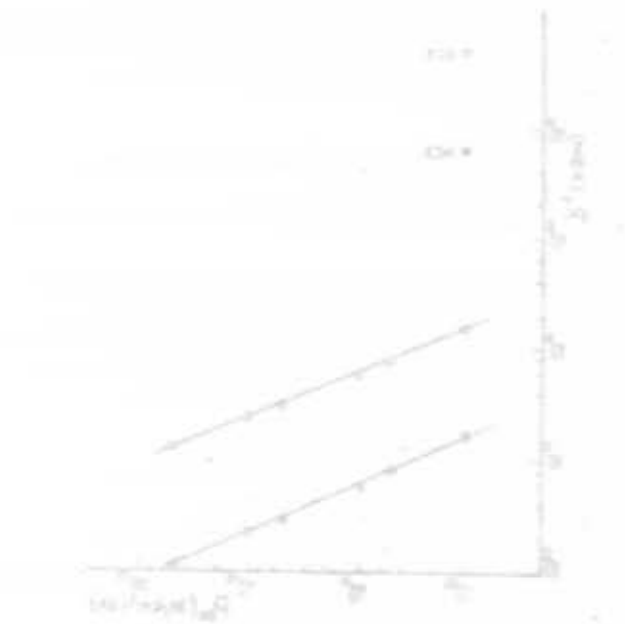


Рис. 2. Зависимость температуры фотоэлектронного катода от тока для различных материалов.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.

В процессе работы фотоэлектронного катода в вакуумной лампе происходит его нагрев. Это приводит к изменению физических параметров катода, что в свою очередь приводит к снижению его надежности. В данной статье на основе физических параметров катода получены формулы, позволяющие рассчитывать температуру наиболее горячих частей фотоэлектронного катода.