

МЕХАНИЗМ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В ПРИГРАНИЧНОЙ ОБЛАСТИ ФОТОКАТОДА

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

Институт Фотоэлектроники АН Азербайджана

370141, Баку, ул. Ф. Агаева, 555-й квартал

Установлен механизм переноса заряда в переходной области фотокатода-манжета, который позволяет объяснить свойства фотокатодов и ФЭП, ранее не интерпретированных в рамках известных механизмов деградации. Полученные результаты открывают новые возможности усовершенствования фотокатодов и ФЭП.

Как известно [1,2], в вакуумных фотоэлектронных приборах (ФЭП), например, электронно-оптических преобразователях (ЭОП), для создания хорошего электрического контакта с внешним контактным выводом и выравнивания потенциала по окружности фотокатода, последний наносят на специальный электрод (манжету), представляющий собой слой металла в виде кольца, напыленный в вакууме или нанесенный химически на подложку прибора. При этом периферийная область фотокатода располагается на манжете, а внутренняя - непосредственно на подложке, образуя рабочую область фотокатода.

Как удалось установить [3,4], при изготовлении ФЭП общепринятыми в настоящее время методами [1,2], пленка фотокатода вдоль по границе рабочей области претерпевает разрыв. В работе [4] был предложен автоэмиссионный механизм протекания тока в разрыве пленки фотокатода. Однако, более подробные исследования показывают, что этот механизм не вполне точен в случае протекания малых токов (меньше 10^{-6} А) через разрыв. Действительно, из уравнения для плотности тока j автоэлектронной эмиссии [5,6] следует:

$$j = AE^2 \Phi^{-1} \exp\left(-\frac{\Phi^{3/2}}{E} B\right) C, \quad (1)$$

где A, B, C - коэффициенты; E - напряженность электрического поля; Φ - работа выхода материала. Видно, что плотность тока сильно зависит от E . Так, уменьшение E всего на 10 % приводит к уменьшению j не менее, чем на порядок. То есть, из (1) следует, что при уменьшении E ток автоэлектронной эмиссии стремится к нулю гораздо быстрее, чем E .

Учитывая то, что электрическое поле в E разрыве возникает из-за эмиссии электронов (протекание тока по пленке фотокатода) и тот известный факт, что фототок (ток эмиссии) пропорционален освещенности фотокатода, приходим к выводу, что E в разрыве не пропорционально освещенности фотокатода (нет линейной зависимости), ибо в противном случае из-за (1) рост фототока был бы непропорционален освещенности.

Таким образом, из вышеизложенного и (1) следует, что, во-первых, кроме автоэмиссионного в разрыве существует другой механизм переноса заряда, во-вторых, при росте тока через пленку фотокатода за счет увеличения его освещенности, в разрыве происходит перераспределение долей общего тока между этими механизмаами переноса заряда.

Этим другим механизмом переноса заряда является, по нашему мнению, ток проводимости по очень тонкой пленке, закорачивающей манжету на край рабочей области фотокатода (т.е. надо считать, что пленка фотокатода не полностью разорвана, а, скорее всего, в месте разрыва она сильно утоньшена). Тогда, если эта тонкая пленка в "разрыве" имеет сопротивление R (именно это сопротивление и измерялось в [3,4]), то при очень малых токах I через нее разность потенциалов по разные стороны "разрыва" окажется равной $U=IR$ и плотность тока j_1 в этой тонкой пленке будет равна

$$j_1 = \sigma E, \quad (2)$$

где σ - удельная проводимость тонкой пленки, а $E=U/L$, где L - ширина "разрыва".

Таким образом, из (1) следует, что при очень малых E ток автоэлектронной эмиссии будет близок к нулю и ток в "разрыве" будет определяться током проводимости по тонкой пленке, плотность j_1 которого определяется из (2). При увеличении E (которое пропорционально U), например, за счет увеличения освещенности фотокатода, наряду с ростом плотности тока проводимости по тонкой пленке будет расти также плотность тока автоэлектронной эмиссии. Однако, если зависимость плотности тока проводимости по тонкой пленке от напряженности, определяемая из (2), линейная, то, напротив, эта зависимость для автоэлектронной эмиссии совершенно нелинейная, причем доминирующее значение для этого случая имеет экспоненциальный множитель в (1). В результате этого при увеличении напряженности в "разрыве" ток автоэлектронной эмиссии будет расти гораздо быстрее, чем ток проводимости, и при достижении определенного значения E ток за счет автоэлектронной эмиссии сравняется с током проводимости по тонкой пленке (см. рис.). При дальнейшем росте напряженности в "разрыве", намного более резкий рост тока автоэлектронной эмиссии по сравнению с ростом тока проводимости приведет к тому, что общий ток будет определяться в основном автоэлектронной эмиссией, т.е. $j/j_1 << 1$ при $E < E_{kp}$ и $j/j_1 > 1$ при $E > E_{kp}$.

Предложенный механизм протекания тока позволяет объяснить известный факт, что характер и интенсивность деградации, т.е. потери эффективности фотоэмиссии фотокатода, существенно зависят от силы тока через ЭОП (фотокатод) и, в меньшей степени, от анодного на-

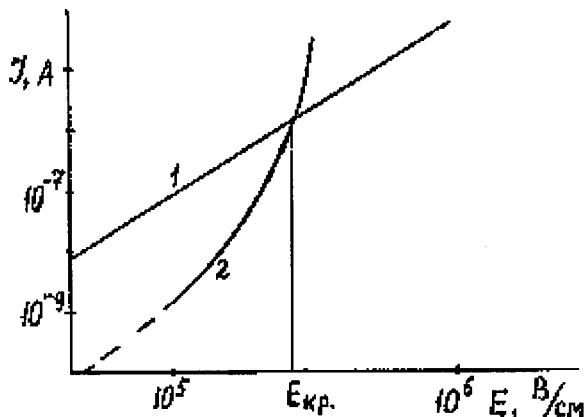


Рис. Приблизительное распределение долей общего тока в разрыве пленки фотокатода: 1 - ток по пленке в разрыве, 2 - ток автоэлектронной эмиссии.

пржения [7]. Например, для ЭОП типа М-9 [2] при токах порядка 10^{-8} - 10^{-7} А и меньше, при анодном напряжении даже 15 кВ, утомление отсутствует во всех случаях в течение нескольких тысяч часов. В то же время, уже при токах порядка 10^{-5} А и анодном напряжении всего несколько десятков вольт утомление заметно уже после нескольких часов работы прибора. Учитывая вышеизложенное можно показать, что при очень малых токах (меньше 10^{-7} А) через фотокатод (а стало быть через

"разрыв") напряжение U в "разрыве", которое пропорционально току и сопротивлению R , оказывается незначительным. В результате этого напряженность E в "разрыве" оказывается недостаточной для возникновения автоэлектронной эмиссии и ток является током проводимости в очень тонкой пленке в "разрыве". При на порядок больших токах определенную часть общего тока будет уже составлять ток автоэлектронной эмиссии. Энергия автоэлектронов, пролетевших "разрыв" численно равна U эВ. При малых значениях U (доли вольта) ее будет недостаточно для возникновения деструктивных процессов, обнаруженных в [4]. При протекании через "разрыв", со-противлением несколько МОм, тока в несколько мкА разность потенциалов U оказывается равной нескольким единицам или десяткам вольт. В этом случае ток определяется в основном током автоэлектронной эмиссии (см. рис.) и энергии автоэлектронов оказывается достаточно для возникновения электронностимулированной диссоциации молекул-ингредиентов фотокатода (энергия диссоциации молекул-ингредиентов, например, для серебряно-кислородно-цеевого фотокатода порядка 2-3 эВ), т.е. работает механизм деградации, предложенный в [4].

Полученные результаты многократно были проверены экспериментально и нашли подтверждение как в приборах типа М-9, так и на экспериментальных ФЭП специальной конструкции.

- [1] М.М. Бутслов, Б.М. Степанов, С.Д. Фанченко. В кн. "Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. М., "Наука", 1978, с. 432.
- [2] В. Гартманн, Ф. Бернгард. В кн. "Фотоэлектронные умножители", М.-Л., Госэнергоиздат, 1961, с. 208.
- [3] Х.Н. Везиров. Авт. свидетельство №1802636, 1992.
- [4] Х.Н Везиров. Письма в ЖТФ, 1991, т. 17, вып. 14,

с. 81-84.

- [5] Р. Спроул. В кн. "Современная физика", М., "Hayka", 1974, с.592.
- [6] Е.А. Литвинов, Г.А. Месяц, Д.И. Проскуровский. УФН, 1982, т. 189,в. 2, с. 265-287.
- [7] Н.А. Соболева, А.Г. Берковский, Н.О. Чечик, Р.Е. Елисеев. В кн. "Фотоэлектронные приборы", М., "Hayka", 1965, с. 592.

H.N. Vəzirov, N.Q. Qasimov, İ.N. İbrahimov, Q.F. Hüseynov

FOTOKATODUN SƏRHƏDYANI SAHƏSİNDƏ ELEKTRİK YÜKDAŞINMA MEXANİZMİ

Məqalədə ilk dəfə olaraq fotokatodun sərhədyanı sahəsində elektrik yükdaşınması mexanizmi müəyyən edilib. İşlənmiş mexanizm fotokatodların və vakuumlu fotoelektron cihazlarının məlum xasselerinin izahatını verir. Bu xassələr mə'lum degradasiya mexanizmləri ilə heç cür izah olunmurdu. Təklif olunan mexanizm bu cihazların və fotokatodların mükəmmələşdirilməsi üçün yeni imkanlar yaradır.

Kh.N. Vezirov, N.G. Gasymov, J.N. Ibragimov, G.F. Guseinov

MECHANISM OF CHARGE TRANSFER IN BOUNDARY RANGE OF PHOTOCATHODE

In this paper mechanism of charge transfer in boundary range of photocathode is shown. This mechanism give an explanation to well-known characteristics of photocathodes and vacuum photoelectron devices. These characteristics don't explain by known mechanism of degradations. Mechanism give new possibility to improve photocathodes and this devices.

Дата поступления: 11.03.98

Редактор: Д.Ш. Абдинов