

Об.1; 11

© 1991

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ДЕГРАДАЦИИ
 $Ag-O-Cs$ -ФОТОКАТОДА

Х.Н. Везиrow

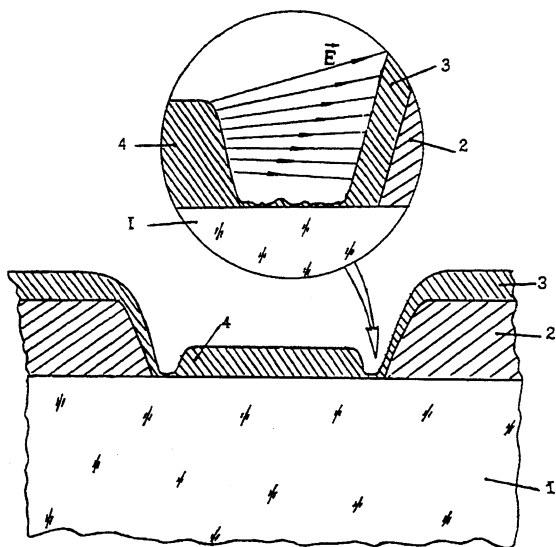
Исследованию деградации (уменьшению эффективности фотоэмиссии) фотокатодов посвящено большое количество работ [1, 2]. Однако нельзя считать, что механизм этого явления окончательно выяснен, хотя и установлено, что величина и скорость деградации зависят от типа фотокатода, его освещенности, величины фототока, температуры и т.д. Актуальность проблемы определяется тем, что стоимость некоторых типов фотоэлектронных приборов весьма высока и знание механизмов деградации позволит повысить их надежность.

Известно [1, 3], что в фотоэлектронных приборах полупрозрачные фотокатоды наносятся на стеклянную подложку, на которой напылен кольцевой металлический электрод (манжета). При этом периферийная область фотокатода лежит на манжете, а внутренняя, образующая рабочую область прибора — непосредственно на стеклянной подложке.

В данной работе исследовано влияние процессов, протекающих на границе раздела фотокатод-манжета, на деградацию фотокатода и предложен механизм деградации, обусловленной указанными процессами.

Начнем с констатации следующих фактов: а) в серийно выпускаемых фотоэлектронных приборах с $Ag-O-Cs$ -фотокатодом [1, 3, 4] толщина манжеты в несколько раз больше толщины фотокатода; б) коэффициенты линейного расширения материалов подложки, манжеты и фотокатода существенно различны; в) технология изготовления приборов включает многократные нагревы до 200°C и охлаждения до комнатной температуры. Логично предположить, что в готовом приборе фотокатод вряд ли является сплошной однородной пленкой. Скорее всего по внутренней границе манжеты (т.е. по границе рабочей области фотокатода) эта пленка должна иметь разрывы и микротрещины. Схематический вид фотокатода в этом случае приведен на рисунке. Если указанные разрывы и микротрещины действительно существуют, то электрическое сопротивление пленки фотокатода на границе раздела с манжетой должно отличаться от сопротивления пленки в рабочей области фотокатода.

Измерения, проведенные на фотоэлектронных приборах типа М-9 [4] с $Ag-O-Cs$ -фотокатодом, показали, что во всех приборах переходное сопротивление между манжетой и фотокатодом на



Схематический вид фотокатода: 1 - подложка, 2 - манжета, 3 - периферийная (нерабочая) область фотокатода, 4 - рабочая часть фотокатода. В кружке в увеличенном виде показан разрыв пленки фотокатода и электрическое поле в нем (\vec{E}).

1-4 порядка величины превосходили сопротивление самого фотокатода, достигая, в некоторых случаях, величины порядка $5 \cdot 10^7$ Ом, что свидетельствует о явной неоднородности пленки.

При протекании электрического тока через фотокатод практически все напряжение, образующееся между его центром и электрическим выводом прибора, должно падать на участке между манжетой и краем рабочей области фотокатода. Это приводит к двум эффектам; во-первых, практически все джоулево тепло, выделяемое на фотокатоде за счет протекания по нему тока, должно выделяться именно на этом участке; во-вторых, в месте разрывов пленки фотокатода должна возникать высокая напряженность электрического поля, направленного от фотокатода к манжете.

При рассмотрении первого эффекта легко показать, что тепловое сопротивление каналов, по которым рассеивается выделяемая жидкость, имеет малую величину (например, для приборов типа М-9 она не превышает 5 град/Вт). Поэтому разогрев фотокатода составляет десятые доли градуса и этот эффект не может являться причиной деградации.

Рассматривая второй эффект, заключающийся в наличии сильного электрического поля между краями рабочей области фотокатода и манжетой (см. рисунок), можно показать, что при рабочих значениях протекающего тока (несколько мкА) и сопротивлении перехода фотокатод-манжета порядка нескольких МОм, напряжение на этом участке составит несколько десятков вольт. Учитывая, что

характерные размеры разрывов и микротрещин не превышают 1 мкм, получаем значение величины напряженности электрического поля (E) внутри разрыва $E \approx 10^6$ В/см.

Поскольку работа выхода электрона из $Ag-O-Cs$ -фотокаатода $\varphi < 1$ эВ [5], а при наличии электрического поля она уменьшается на величину $\Delta e\varphi = 3.79 \cdot 10^{-4} \cdot E^{0.5}$ [6], то в разрывах пленки фотокаатода может эффективно протекать процесс автоэлектронной эмиссии. Эмитированные краем манжеты электроны ускоряются в области разрыва до энергии в несколько десятков электронвольт и бомбардируют границу рабочей области фотокаатода. Энергия диссоциации молекул, из которых состоит $Ag-O-Cs$ -фотокаатод, не превышает 10 эВ [2, 6, 7]. Поэтому на границе рабочей области фотокаатода за счет электронной бомбардировки должна протекать диссоциация инградиентов фотокаатода электронным ударом. Так, окислы цезия типа Cs_xO_y , где $x \leq y$ (например, Cs_2O_2 [8]) могут восстанавливаться до основного окисла цезия и даже до недоокисей типа $Cs_{11}O_3$, существование которых для $Ag-O-Cs$ -фотокаатода установлено в работе [9]. Окислы серебра могут восстанавливаться до элементарного серебра. Выделяющийся при этих процессах атомарный кислород выделяется в газовую фазу и, взаимодействуя с поверхностью фотокаатода, окисляет ее, нарушая структуру и состав поверхностного слоя фотокаатода, что приводит к увеличению работы выхода и потере чувствительности.

Действительно, в экспериментах было установлено, что в тех фотоэлектронных приборах с $Ag-O-Cs$ -фотокаатодом, у которых начальное переходное сопротивление фотокаатод-манжета имело величину нескольких МОм и превышало сопротивление пленки фотокаатода, после значительной потери чувствительности на границе рабочей области фотокаатода наблюдается изменение цвета перехода фотокаатод-манжета. Ширина участков изменения цвета пропорциональна степени деградации и может достигать десятых долей миллиметра, а сам цвет пленки в этом месте (желтоватый) напоминает напыленную на стекле пленку неокисленного металлического серебра. Таким образом, можно предположить, что изменение цвета фотокаатода обусловлено превращением окислов серебра и цезия в недоокиси и даже металлы за счет высвобождения кислорода.

Очевидно, для уменьшения составляющей деградации, которая связана с диссоциацией молекул $Ag-O-Cs$ -фотокаатода под действием электронной бомбардировки границы его рабочей области, следует уменьшать сопротивление перехода фотокаатод-манжета. Была разработана специальная технология изготовления прибора типа М-9 с $Ag-O-Cs$ -фотокаатодом, позволяющая уменьшить сопротивление этого перехода на два порядка величины. Это привело к увеличению долговечности изготавливаемых приборов в 1.5 раз, что подтверждает вышеуказанное предположение.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Соболева Н.А., Меламид А.Е. Фотоэлектронные приборы. М.: Высшая школа, 1974. 376 с.
- [2] Гугель Б.М., Крупенина А.Я., Меламид А.Е., Степанов Б.М. // Радиотехника и электроника. 1981. Т. 26. № 4. С. 885-887.
- [3] Берковский А.Г., Гаванин В.А., Зайдель И.Н. Вакуумные фотоэлектронные приборы. М.: Энергия, 1976. 344 с.
- [4] Бугелов М.М., Степанов Б.М., Фанченко С.Д. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. М.: Наука, 1978. 168 с.
- [5] Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов. Справочник. Киев: Наукова думка, 1981. 223 с.
- [6] Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. Кикоина И.К. М.: Атомиздат, 1976. 1008 с.
- [7] Молекулярные постоянные неорганических соединений. Справочник / Под ред. Краснова К.С. Л.: Химия, 1979. 488 с.
- [8] Гугель Б.М., Крупенина А.Я., Меламид А.Е., Степанов Б.М. // Радиотехника и электроника. 1982. Т. 27. № 3. С. 586-591.
- [9] W a t e s C. W//Appl. Phus. Lett. 1984. V. 45. N10. p. 1058-1059.

Научно-исследовательский
институт фотоэлектроники,
Баку

Поступило в редакцию
17 мая 1991 г.