

ВЛИЯНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
КОЛБЫ НА РАБОТУ ФЭУ

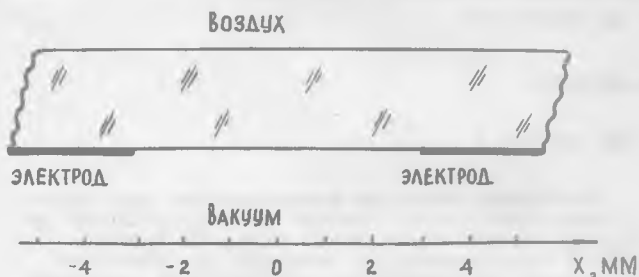
Я. С. Еленский

УДК 621.383.2

Расчитано изменение электрического поля внутри электровакуумного прибора за счет появления заряда на внешней поверхности колбы. На примере ФЭУ-49 экспериментально показано, что искажения в движении фотоэлектронов соответствуют расчетным. Наблюдалось изменение времени пролета фотоэлектронов в два раза - примерно на 50 нс.

В данной работе автор хотел бы обратить внимание на малоизвестное явление, которое может существенно влиять на работу электровакуумных приборов. Речь идет о действии диэлектрика на электрическое поле и, как следствие, на движение электронов внутри прибора. Если между электродами имеются зазоры, заполненные диэлектриком, электрическое поле определяется не только потенциалами электродов, но и потенциалом поверхности диэлектрика, который, в свою очередь, зависит от токов проводимости и электрических полей внутри диэлектрика. Если одна из поверхностей диэлектрика является внешней поверхностью прибора, то ее потенциал может зависеть от случайных причин, таких как близость элементов крепления, степень загрязненности, влажность и т.п.. Фактически этот эффект был обнаружен на примере входной камеры ФЭУ-49, электроды которой напылены на внутреннюю поверхность колбы так, что имеется свободная от покрытий полоска стекла. Ее ширина всего 6 мм, т.е. $1/20$ длины входной камеры; она охватывает входную камеру примерно посередине, толщина стекла в этом месте равна 2 мм. В условиях, когда входная камера находится под высоким напряжением около -2000 В, а кожух и элементы крепления, естественно, заземлены, потенциал внешней поверхности колбы в районе полоски

может принимать значения от 0 до -2000 В. Оказывается, что это сильно влияет на движение фотоэлектронов и, естественно, на параметры ФЭУ. Для величины эффекта важны геометрические характеристики рассматриваемого участка (см. рис. 1), а также отношение объемной проводимости стекла к поверхностной проводимости



Р и с. 1. Схематический разрез участка стенки колбы

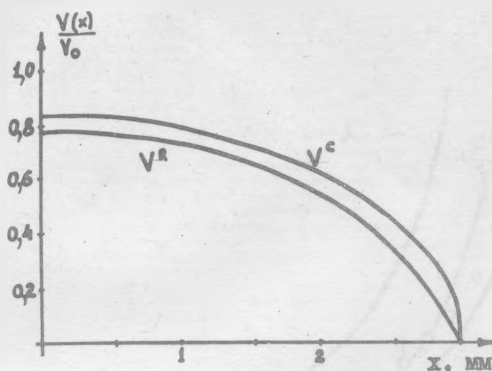
на границе вакуум-стекло. Если считать потенциалы двух электродов одинаковыми, а потенциал внешней поверхности колбы относительно них сделать равным V_0 , то потенциал малого участка внутренней поверхности станет равным

$$V_C = V_0 C_2 / (C_1 + C_2)$$

Он будет меняться во времени и экспоненциально стремиться к

$$V_R = V_0 R_1 / (R_1 + R_2),$$

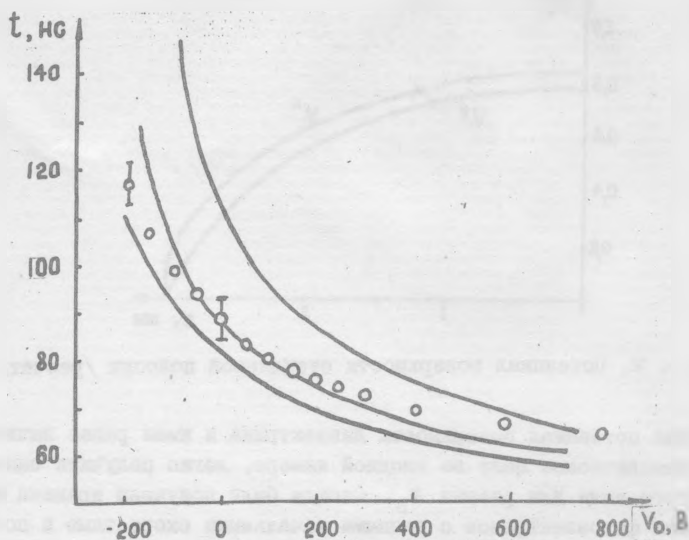
где R_1, R_2, C_1, C_2 сопротивления и емкости между этим участком и, соответственно, электродами и внешней поверхностью колбы. Уменьшение толщины стекла и увеличение ширины полоски соответствует увеличению абсолютных значений V_0, V_R . Отношение R_2/R_1 зависит от отношения объемной проводимости стекла к поверхностной его внутренней поверхности λ/σ . Для вычисления конкретных значений потенциалов поверхности диэлектрика решалось уравнение Лапласа. Граничное условие при вычислении V_R задавалось с использованием измеренного на опыте отношения $\lambda/\sigma = 10 \text{ см}^{-1}$. Результаты расчетов приведены на рис. 2.



Р и с. 2. Потенциал поверхности стеклянной полоски /расчет/

Зная потенциал поверхности диэлектрика и имея ранее вычисленное электрическое поле во входной камере, легко получить значения этого поля для разных V_0 . Отсюда были получены времена пролета для фотоэлектронов с разными начальными скоростями и построены зависимости $t(V_0)$. Результаты показаны на рис. 3; из-за близости V_C к V_R приведены только значения V_R . На том же рисунке отложены результаты эксперимента, где измерялась задержка входного электрического импульса относительно светового; для задания V_0 на внешнюю поверхность колбы была наклеена проводящим клеем тонкая металлическая фольга. Экспериментальная и расчетная зависимости близки друг к другу, небольшие расхождения можно объяснить упрощениями в ходе расчетов. Кроме сильного изменения времени пролета электронов на эксперименте отмечалось искажение формы импульса и уменьшение его амплитуды в 10 раз для $V_0 = -200$ В, в 2 раза для $V_0 = 600$ В, что является следствием неполного собирания фотоэлектронов на первый диод из-за расфокусировки электронного пучка.

Если $|V_0| > 600$ В, на границах между напыленными электродами и стеклянной полоской напряженность электрического поля становится столь высокой, что возникает мгновенный перенос заряда (пробой) с электродов на поверхность стеклянной полоски. Убедиться в факте переноса заряда можно, подавая на фольгу импульс напряжения длительностью порядка 0,1 с. Если его амплитуда превышает



Р и с. 3. Время пролета электронов и задержка выходного электрического импульса относительно светового в зависимости от потенциала внешней поверхности колбы. Верхняя кривая - начальная энергия фотоэлектронов - 0 эВ, средняя кривая - 1 эВ, нижняя - 2 эВ. При нанесении кривых и экспериментальных точек учтено дополнительное запаздывание импульса в диодной системе - 15 нсек

600 В, то времена пролета электронов до и после импульса разные, хотя в обоих случаях $V_0 = 0$. Ясно, что электрическое поле, действующее на фотоэлектроны, изменяется из-за наличия зарядов на поверхности диэлектрика. Постепенно этот заряд стекает на электроды, постоянная времени этого процесса равна постоянной времени перехода от V_C к V_R , она порядка 500 с. Из-за большой постоянной времени прибор возвращается к нормальной работе спустя десятки минут после устранения причины, вызвавшей изменение V_0 .

В рабочих условиях описанный эффект может возникать под действием высокой влажности воздуха. Был поставлен опыт, когда высокая влажность создавалась искусственно, путем нагревания сосуда

с водой, помещенного рядом с ФЭУ. Крепление ФЭУ осуществлялось металлическим хомутом так, что его центр примерно совпадал с центром первого динода. В этих условиях для всех испытанных приборов (15 штук) при влажности воздуха $\geq 95\%$ наблюдалось уменьшение задержки электрического импульса с 90 до 55 нсек и уменьшение его амплитуды вдвое, что соответствует $V_0 \approx 2000$ В. Возвращение к прежним параметрам происходило через час после снижения влажности до нормального уровня (80%). Сильные вариации свойств ФЭУ нежелательны при работе экспериментальных установок, поэтому необходима защита от изменения потенциала внешней поверхности колбы. Способы такой защиты разнообразны. Можно наносить на диэлектрик внутри колбы слабо проводящие покрытия, экранировать диэлектрик дополнительными электродами и т.п.. Для конкретного случая ФЭУ-49 существует простой способ, позволяющий не менять конструкцию прибора. Металлическая фольга, наклеенная на боковую поверхность колбы и соединенная с фотокатодом, надежно защищает ФЭУ при влажности воздуха, близкой к 100%.

Не исключено, что подобные явления возникают и в других электровакуумных приборах. Они наиболее опасны для электроннолучевых и фотоэлектрических приборов, что следует учитывать при их изготовлении и эксплуатации.

В заключение хочу поблагодарить А. Е. Чудакова за постоянное внимание к работе и ценные обсуждения, В. Л. Дадькина, Ю. Н. Ковалова, А. Л. Цябука за большую помощь.

Институт ядерных исследований АН СССР

Поступила в редакцию
14 июля 1978 г.

Л и т е р а т у р а

И. Г. С. Вильдгрубе, Н. К. Далиненко, А. И. Разумовская, ПТЭ,
№ 4, 74 (1961).