



010605. КОНТАКТНАЯ РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ

Требуемое оборудование

Модульно учебные комплексы:

1. Модульный учебный комплекс МУК-ОК

Приборы:

- | | |
|---|------------|
| 1. Блок амперметра-вольтметра АВ1 | 1 шт. |
| 2. Стенд с объектами исследования СЗ-ОК01 и источник питания ИПС1 | 1 комплект |
| 3. Проводники Ш4/Ш1,6-60 см | 8 шт. |

Краткое теоретическое введение

Принцип работы любой электронной лампы заключается в том, что между ее катодом (эмиттером) и анодом (коллектором) создается электрическое поле, под воздействием которого находятся эмитированные катодом электроны. Создавая поле, ускоряющее или замедляющее электроны при их движении к аноду, можно управлять электрическим током, протекающим через лампу.

В настоящей лабораторной работе используется вакуумный диод. Он представляет собой электронную лампу, имеющую два электрода: подогреваемый электрической спиралью катод и анод. Эмитированные из нагретого катода электроны, достигая анода, создают электрический ток, протекающий через вакуумное пространство диода.

В файле-приложении [010610.pdf](#) показано (формула 16), что в вакуумном диоде зависимость силы тока анода I_A от величины задерживающего отрицательного напряжения U_A между катодом и анодом при температуре катода T имеет вид

$$I_A = I_\varepsilon \exp\left(-\frac{eU_A}{kT}\right), \quad (1)$$

где k – постоянная Больцмана;

I_ε – сила тока при нулевом напряжении между катодом и анодом;

e – элементарный электрический заряд.

Методика эксперимента

Схема измерений. Измерение контактной разности потенциалов и температуры катода осуществляется с помощью электрической схемы изображенной на рис.1.

Основным элементом схемы является вакуумный диод 1. Нагрев (накал) катода этой радиолампы осуществляется с помощью спирали (нити) из тугоплавкого металла, помещенной внутрь катода, электрический ток через которую поддерживает генератор переменного напряжения 6. Сила тока накала, а, следовательно, температура катода может изменяться ступенчато путем подключения последовательно с нитью накала резисторов $R_{1T} \div R_{3T}$. Разность потенциалов между катодом и анодом создается с помощью генератора напряжения 4. Путем переключения проводников «а» и «б» можно создать на аноде как положительный, так и отрицательный потенциал относительно катода. Регулировка этого напряжения осуществляется

переменным резистором R_{II} . Сила анодного тока измеряется микроамперметром 3, а напряжение между катодом и анодом U_V - вольтметром 2.

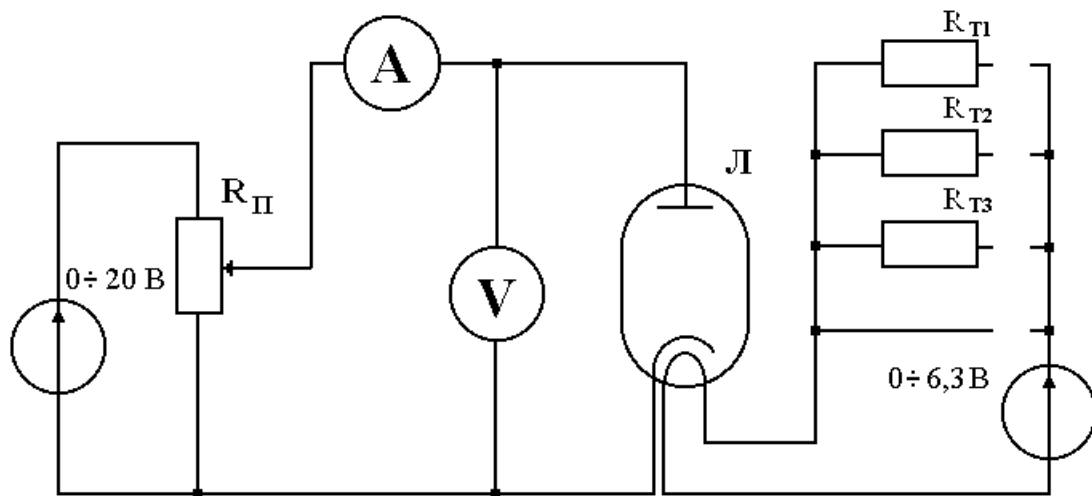


Рис. 1

Контактная разность потенциалов. Важно отметить, что вольтметр измеряет не истинное значение напряжения между катодом и анодом U_A , а только напряжение U_V , задаваемое генератором. Между тем, на потенциал анода оказывает существенное влияние, так называемая, контактная разность потенциалов $U_{конт}$. Ее возникновение связано с тем, что катод и анод электронной лампы сделаны из различных материалов. Эти вещества, даже при одинаковых внешних условиях, отличаются друг от друга значением химического потенциала свободных носителей заряда. При соединении катода и анода любыми промежуточными проводниками между ними в силу указанных различий происходит диффузия свободных носителей заряда, которая вначале носит неравновесный характер, т. е. из вещества с большим значением химического потенциала в вещество с меньшим значением химического потенциала переходит больше носителей заряда, чем наоборот. Этот процесс продолжается до установления равновесного состояния, при котором значения химических потенциалов становится одинаковыми. В результате один из электродов теряет, а другой получает электроны и между катодом и анодом устанавливается контактная разность потенциалов, которая изменяется при нагревании катода. Следует отметить, что обычно анод приобретает за счет контактной разности потенциалов отрицательный потенциал относительно катода.

Из сказанного следует, что истинное напряжение U_A между катодом и анодом определяется алгебраической суммой напряжения U_V , которое измеряется вольтметром, и контактной разности потенциалов $U_{конт}$:

$$U_A = U_V + U_{конт} \quad (2)$$

Это в свою очередь означает, что нулевое истинное напряжение между катодом и анодом $U_A = 0$ наблюдается, когда напряжение, измеренное вольтметром, равно по величине и противоположно по знаку контактной разности потенциалов:

$$U_A = 0 \quad \text{при} \quad U_V = -U_{конт} \quad (3)$$

Определение температуры T . Экспериментальное определение температуры и одновременное определение контактной разности потенциалов можно осуществить, пользуясь следующей методикой. Прологарифмируем выражение (1):

$$\ln I_A = \ln I_\varepsilon + \frac{e}{kT} U_A. \quad (4)$$

Из полученного выражения (4) видно, что при $I_\varepsilon = const$, график зависимости $\ln I_A$ от U_A является линейным, причем коэффициент наклона графика обратно пропорционален температуре. Следовательно, измерив силу тока через лампу при различных напряжениях между катодом и анодом и построив график этой зависимости, по тангенсу угла наклона графика находим температуру электронного газа:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta(\ln I_A)}{\Delta U_A} = \frac{e}{kT}. \quad (5)$$

Формула (5) справедлива только для отрицательных анодных напряжений. При положительных напряжениях на аноде (ускоряющее поле) рост анодного тока замедляется, а в режиме насыщения почти прекращается, при этом зависимость $\ln I_A = f(U)$ сохраняет линейный характер.

Определение $U_{\text{конт}}$. Как указывалось выше, истинное анодное напряжение является алгебраической суммой напряжений U_V и $U_{\text{конт}}$ (2). Поэтому излом прямой $\ln I_A = f(U)$ наступает при выполнении условия (3), то есть в точке перехода от тормозящего поля к полю ускоряющему. Значит, построив график $\ln I_A = f(U_V)$ (рис.2), по наклону прямой $a-b$ (участок тормозящего поля) находим, пользуясь формулой (5), температуру электронного газа, а по точке излома прямых $a-b$ и $c-d$, пользуясь формулой (3), находим контактную разность потенциалов.

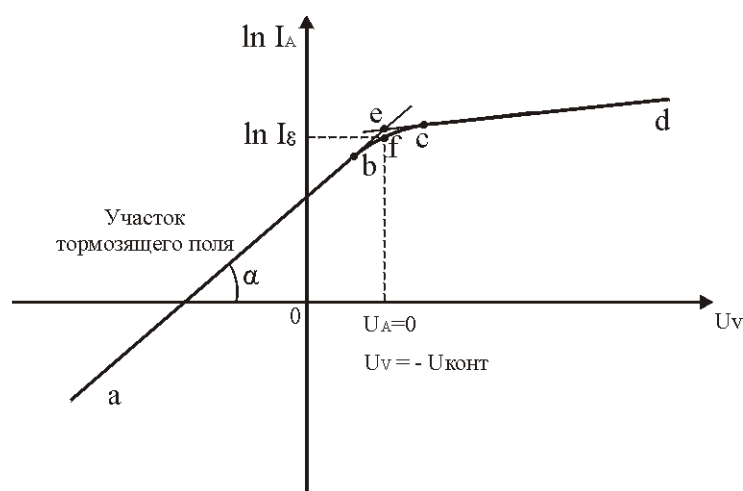


Рис. 2.

Изменение наклона линейной зависимости при переходе от тормозящего к ускоряющему полю происходит не скачком, а постепенно (участок $b-f-c$). Поэтому для определения точки, которая соответствует нулевому значению истинного напряжения $U_A = 0$, необходимо экстраполировать прямолинейные участки графика $a-b$ и $c-d$ до их пересечения в точке e .

Рекомендуемое задание к работе

1. Соберите схему измерений (рис.1). Включите в цепь накала сопротивление $R_{ТЗ}$. Установите максимальное напряжение накала (6,3В). Все измерения проводите через 3 мин после включения генератора.

2. Снимите прямую и обратные ветви зависимости силы анодного тока I_A от напряжения U_V , меняя напряжение резистором R_{II} через $\sim 0,05В$. Для того чтобы внутреннее сопротивление вольтметра, подключенного параллельно диоду, не вносило существенную погрешность в измеряемую микроамперметром силу анодного тока, начинайте измерения с токов не меньших $5\mu A$. Чтобы не перегревать тепловым излучением катода анод лампы, что искажает величину анодного тока, отключите генератор переменного напряжения на время проведения последующих вычислений и построения графика.

3. Постройте график зависимости $\ln I_A = f(U_V)$.

4. Путем экстраполяции прямолинейных участков графика до их пересечения найдите точку e (см. рис.2), а по ней, пользуясь формулой (3), определите знак и величину контактной разности потенциалов $U_{конт}$.

5. Определите тангенс угла наклона графика в области тормозящего поля и по формуле(5) вычислите температуру катода и электронного газа вокруг него.

6. Повторите измерения и вычисления п. 3 – 9 подключая вместо сопротивления R_{3T} в цепь накала катода сопротивления R_{2T} , R_{1T} и, наконец, подключив накал напрямую.

7. Постройте график зависимости контактной разности потенциалов от температуры катода $U_{конт}(T)$.