

Работа 361

Изучение вольт-амперной характеристики вакуумного диода

Решаемые задачи

- Регистрация вольт-амперной характеристики вакуумного диода при трех различных напряжениях накала катода.
 - Определение области противодействия полю анода объёмного отрицательного заряда и области насыщения ВАХ.
 - Проверка закона Ленгмюра–Чайльда (закон «трех вторых»).
-
-

Вакуумный диод представляет собой герметично закрытую стеклянную колбу, из которой откачан воздух, внутри которой находятся два электрода: катод 2 с нитью накала 3, который испускает электроны и анод 4 (см. рис. 1).

Катод выполнен в виде металлической нити, которая раскаляется под действием пропускаемого через нее электрического тока. Нагретая нить испускает электроны (термоэлектронная эмиссия). Если потенциал анода положителен относительно потенциала катода, эти электроны под действием электрического поля начинают двигаться к аноду, возникает анодный ток. Величина анодного тока зависит от разности потенциалов между катодом и анодом (анодного напряжения). Если изменить полярность анодного напряжения, анодный ток прекратится, поскольку на электроны, покидающие катод, в таком поле будут действовать сила направленная в направлении от анода к катоду. Электривакуумный диод может быть использован как выпрямитель для переменного тока или как детектор.

Таким образом, вакуумный диод в электрических цепях ведет себя аналогично полупроводниковому диоду. С развитием полупроводниковой техники вакуумные диоды стали использоваться значительно реже, т.к. устройства на основе полупроводников намного компактнее.

В этой работе необходимо получить вольт-амперную характеристику (ВАХ) вакуумного диода, т.е. зависимость анодного тока I_A от анодного напряжения U_A . На рисунке 2 показана типичная форма ВАХ вакуумного диода.

В вольтамперной характеристике можно выделить три участка:

Область отрицательного напряжения (А): Потенциал анода отрицателен относительно потенциала катода. Электрическое поле препятствует движению электронов в направлении анода. Поскольку электроны, покидающие катод, обладают кинетической энергией $E_{кин} > 0$, все же наблюдается небольшой анодный ток. Когда анодное напряжение становится достаточ-

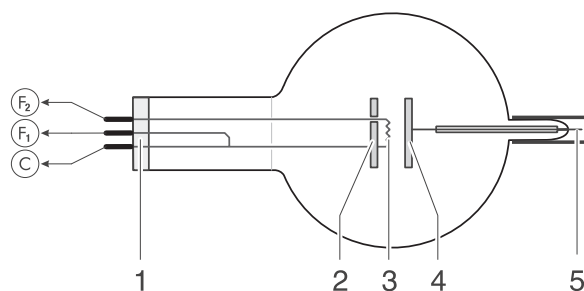


Рис.1. Устройство вакуумного диода: 1 — цоколь с выводами, 2 — катод, 3 — нить накала, 4 — анод, 5 — вывод анода.

но сильным, чтобы остановить самые быстрые электроны, анодный ток исчезает.

Область противодействия объёмного отрицательного заряда полю анода (В):

При малых значениях приложенного напряжения не все электроны, покинувшие катод, двигаются к аноду. Электроны, покинувшие катод, образуют вокруг него область с отрицательным зарядом. При этом электрическое поле, создаваемое анодом, экранируется таким электронным облаком. С ростом анодного напряжения электрическое поле проникает все глубже и глубже в эту область, что приводит к увеличению анодного тока. Зависимость силы тока от приложенного напряжения при этом описывается законом Ленгмюра–Чайльда (закон «трех вторых»):

$$I_A \sim U_A^{3/2} \quad \text{или} \quad I_A^{2/3} \sim U_A.$$

Сила тока увеличивается до тех пор, пока не исчезнет весь объёмный заряд. После этого анодный ток достигает своего максимального значения, и дальнейший рост анодного напряжения не приводит к росту тока.

Область насыщения (С): В области насыщения ток эмиссии не зависит от анодного напряжения. Однако он может быть увеличен за счет увеличения количества электронов, покидающих катод, что достигается путем изменения напряжения накала. При этом величина тока насыщения зависит от температуры нити катода и каждому значению напряжения накала соответствует своя вольтамперная характеристика.

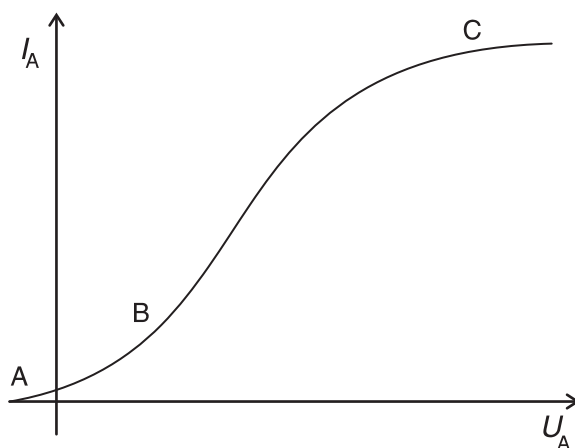


Рис.2. Вольтамперная характеристика вакуумного диода — область отрицательного напряжения (А), участок закона «трех вторых» и область насыщения (С).

Оборудование

Демонстрационный вакуумный диод	1 шт.	555610
Держатель ЭЛТ	1 шт.	555600
Источник питания электронных ламп	1 шт.	52165
Мультиметр LDanalog 20	2 шт.	531120
Мультиметр LDanalog 30	1 шт.	531130
Безопасный соединительный провод 100 см красный	4 шт.	500641
Безопасный соединительный провод 100 см синий	5 шт.	500642

Порядок выполнения работы

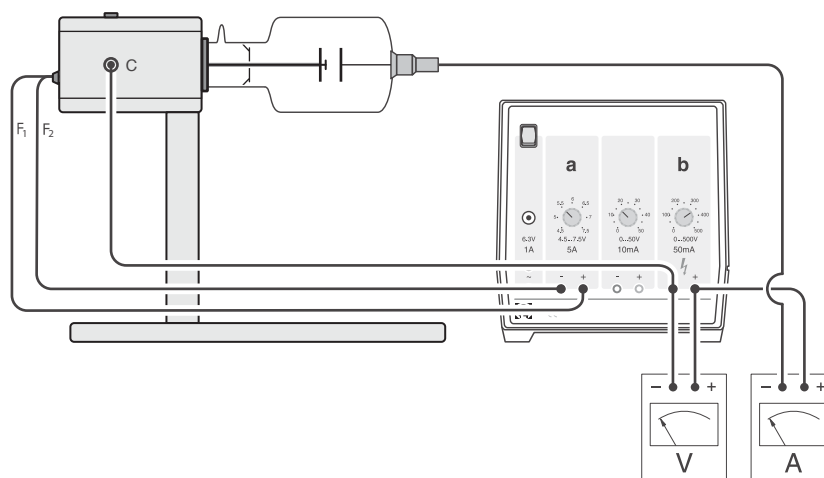


Рис.3. Экспериментальная установка для определения вольт-амперной характеристики вакуумного диода.

Экспериментальная установка показана на рис. 3.

Подготовка к работе:

- Установите диод в держатель, правильно развернув лампу так, чтобы выводы лампы надежно зафиксировались в контактах держателя лампы.
- Подключите выходы напряжения накала источника тока (**a**) к гнездам « F_1 » и « F_2 » на держателе лампы.
- Подключите вывод «-» источника анодного напряжения (**b**) к синему гнезду «C» на держателе лампы.
- Для измерения анодного тока I_A подключите выход «+» источника анодного напряжения (**b**) к гнезду «+» амперметра (мультиметр LDanalog 20), а гнездо «-» амперметра — к анодному выводу лампы.
- К выходам источника анодного напряжения подключите вольтметр (мультиметр LDanalog 30), соблюдая полярность.

- Установите переключатели режима работы и предела измерений у измерительных приборов в соответствующие положения (например, 600 В на вольтметре, 1 мА на амперметре).
- Установите все регуляторы напряжений в минимальные положения (поверните их против часовой стрелки до упора) и включите источник питания лампы.

Нить накала диода должна немедленно раскалиться докрасна. Если этого не произошло, проверьте правильность всех подключений и надежность фиксации диода в разъеме держателя лампы.

Проведение измерений:

Примечание: после изменения напряжения накала нить достигает новой температуры с задержкой в несколько секунд.

- Установите напряжение накала равным 5,0 В с помощью потенциометра **(а)** на блоке питания лампы.
- Изменяя с помощью ручки **(б)** на источнике питания анодное напряжение U_A от 0 до 300 В для каждого значения U_A измерьте амперметром силу тока I_A (15–20 пар значений). Результаты измерений занесите в таблицу.
- Повторите измерения зависимости анодного тока от напряжения для напряжений накала 5,5 и 6,0 В.

Обработка результатов:

- На одних координатных осях постройте графики вольтамперных характеристик (зависимость анодного тока I_A от анодного напряжения U_A) для разных напряжений накала. Найдите на графиках участки объемного заряда и насыщения.
- Для проверки закона Ленгмюра–Чайльда постройте графики зависимости $I_A^{3/2}$ от U_A , найдите на графиках линейные участки, соответствующие закону «трех вторых».
- Объясните полученные результаты.

Вопросы для подготовки

1. Энергия электронов в металле. Энергия Ферми. Работа выхода.
2. Термоэлектронная эмиссия. Устройство и виды катодов.
3. Вакуумный диод.
4. Вольтамперные характеристики диода. Закон Богуславского–Лэнгмюра. Формула Ричардсона–Дешмана.