

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
Кафедра микроэлектроники
Кафедра общей и экспериментальной физики

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ВАКУУМЕ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ СОЛЕНОИДА

*Методические указания
для выполнения лабораторных работ*

Ярославль 2004

ББК В332я73
362
УДК 537.0

Составители: С.П. Зимин, М.В. Лоханин, А.Н. Рыбникова

Электрический ток в вакууме. Магнитное поле соленоида: Метод. указания по выполнению лабораторных работ / Сост. С.П. Зимин, М.В. Лоханин, А.Н. Рыбникова; Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2004, 20 с.

В методических указаниях содержатся теоретические сведения, излагается порядок выполнения лабораторных работ «Физического практикума», «Общего физического практикума» (цикл ЕН) по разделу «Электричество и магнетизм».

Предназначены для студентов второго курса физического факультета специальностей 510400 Физика, 013800 Радиофизика и электроника, 014100 Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, 550400 Телекоммуникации, всех форм обучения. Выполнены в соответствии с государственным образовательным стандартом.

Ил. 8. Библиогр.: 8 назв.

Рецензент: кафедра микроэлектроники Ярославского государственного университета

© Ярославский государственный университет, 2004
© С.П. Зимин, М.В. Лоханин, А.Н. Рыбникова, 2004

Лабораторная работа № 8

Проверка закона Богуславского-Ленгмюра для вакуумного диода и определение удельного заряда электрона

Цель работы: изучить принцип действия вакуумного диода, провести экспериментальную проверку закона Богуславского-Ленгмюра, определить удельный заряд электрона.

Приборы и принадлежности: радиолампа 2Ц2С, лабораторный макет, амперметр переменного тока, миллиамперметр и вольтметр постоянного тока, реостат, источник питания.

Теоретические основы работы вакуумного диода

Электрический ток в вакууме

В общем случае протекание электрического тока в абсолютном вакууме невозможно вследствие отсутствия носителей заряда. Электрический ток в вакуумном объёме возникнет только тогда, когда в него будут дополнительно введены электроны или ионы. При наличии внешнего электрического поля произойдет движение этих носителей заряда, приводящее к протеканию тока в вакуумном объёме.

Впервые эффект прохождения электрического тока через вакуум наблюдал Т. Эдисон в 1883 году. Источником электронов в экспериментах являлась нагретая нить вакуумной лампы накаливания. В течение более двадцати последующих лет открытие Эдисона никто не пытался использовать для практических целей. Первым это сделал Д.Флеминг, который в 1904 году изобрел «пустотный клапан» и предложил использовать его для детектирования. Этот прибор в дальнейшем стал называться вакуумным диодом или двухэлектродной лампой.

Физические процессы в двухэлектродной лампе

Вакуумный диод – электронная лампа, содержащая два электрода: катод и анод. Термоэлектронный катод служит для испускания электронов, а анод является коллектором, то есть электродом, который собирает электроны. Оба электрода помещаются в стеклянный, металлический или металлокерамический баллон, в котором создается вакуум 10^{-6} - 10^{-7} мм рт.

ст. Каждый электрод лампы имеет выводы через стенку баллона для подключения к электрической схеме.

В электронных лампах используется поток быстролетающих электронов, испускаемых нагретым катодом за счет явления термоэлектронной эмиссии. В простейшем случае катод представляет собой тонкую проволочку из тугоплавкого металла, накаливаемую электрическим током. Так, в мощных генераторных лампах катод изготавливается из тонкой вольфрамовой нити. Эмиссия электронов с поверхности вольфрамового катода начинается при температуре около 2300К и поэтому рабочая температура катода находится в пределах 2300-2600К. Подавляющее большинство современных ламп имеет оксидный катод, при изготовлении которого на металлическое основание (никель, вольфрам) наносится покрытие, состоящее из оксидов бария, стронция или кальция. Наличие атомов щелочноземельных металлов на поверхности катода обеспечивает малую работу выхода электронов, высокую эмиссионную способность катода и относительно низкие температуры (1000-1300К).

В простейшем случае анод представляет собой металлический цилиндр, окружающий катод. В пространстве «катод-анод» электроны двигаются под воздействием электрического поля. Для создания электрического поля между анодом и катодом прикладывается постоянное напряжение, называемое анодным напряжением (U_a). Если анодное напряжение положительно, то электроны, вылетевшие из катода, движутся к аноду и за счет этого через лампу проходит ток, называемый анодным током (I_a). Если анодное напряжение отрицательно, то электроны, вылетевшие из катода, попадают в тормозящее поле и возвращаются на катод. Ток во внешней цепи равен нулю. Таким образом, внутри диода ток может протекать только в одном направлении, что характеризует лампу как вентильный прибор.

Вольт-амперная характеристика вакуумного диода

Кривая, изображающая зависимость силы анодного тока от анодного напряжения в вакуумном диоде, показана на рис. 1. При нулевом потенциале анода ток очень мал. При увеличении положительного потенциала на аноде ток возрастает до некоторого значения, называемого током насыщения. При повышении температуры катода (при увеличении тока, протекающего через катод) величина тока насыщения увеличивается (рис. 1). При этом увеличивается и то анодное напряжение, при котором устанавливается ток насыщения. При токе насыщения в диоде все выхо-

дящие из катода электроны переносятся электрическим полем на анод лампы. При подаче отрицательного потенциала на анод величина анодного тока быстро падает до нуля.

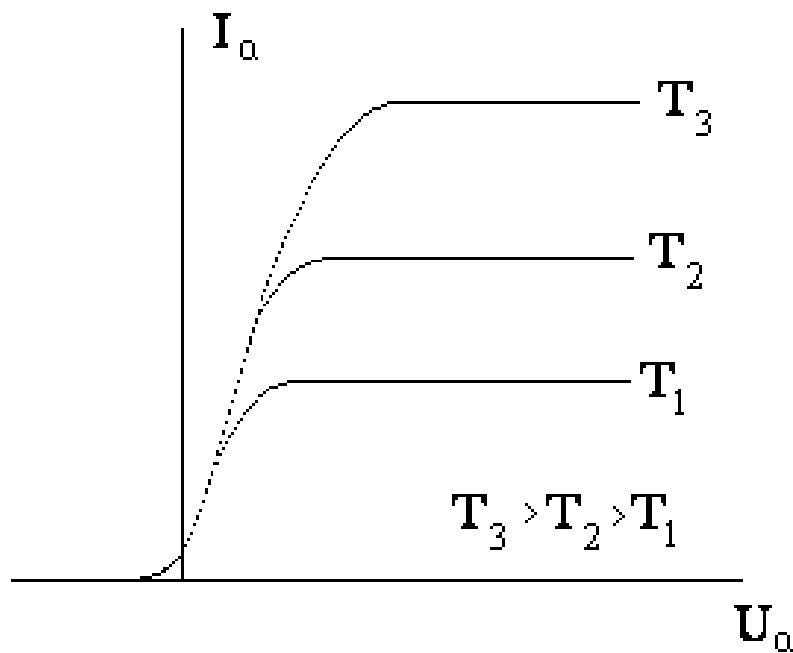


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика диода при различных температурах катода

Закон Богуславского-Ленгмюра

Закон Богуславского-Ленгмюра, или закон «степени трех вторых», устанавливает взаимосвязь между анодным током и анодным напряжением в вакуумном диоде. Эта зависимость для электродов простейших конструкций была исследована в 1911 г. американским ученым К. Чайлдом, в 1913 г. — американским физиком И. Ленгмюром, а впоследствии перенесена на более сложные случаи С.А. Богуславским (1923 г., Россия), И. Ленгмюром (1923 г.), К.Блоджет (1924 г., США). В зарубежной литературе закон носит имя Чайлда-Ленгмюра.