

010814. Исследование ВАХ стабилитрона при различных температурах.

Цель работы: Исследовать ВАХ стабилитрона при различных температурах.

Требуемое оборудование, входящее в состав модульного учебного комплекса МУК-ТТ2:

- | | |
|---|-------|
| 1. Измеритель статических характеристик ИСХ1 | 1 шт. |
| 2. Стенд с объектами исследования СЗ-ТТ03 | 1 шт. |
| 3. Соединительные провода с наконечниками Ш4-Ш4 | 1 шт. |

Краткое теоретическое введение

Полупроводниковым диодом называют полупроводниковый прибор, состоящий из одного или нескольких $p-n$ переходов и двух выводов. В зависимости от основного назначения и вида используемого явления в $p-n$ переходе различают следующие типы полупроводниковых диодов: выпрямительные, высокочастотные, импульсные, туннельные, стабилитроны, варикапы.

Полупроводниковый стабилитрон предназначен для получения опорного (стабильного) напряжения. Этот прибор состоит из $p-n$ -перехода, системы контактов и корпуса.

Существует предел повышения запирающего напряжения на $p-n$ переходе. Этот предел определяется пробоем $p-n$ перехода. Начиная с некоторого значения напряжения обратный ток увеличивается медленно, а затем все быстрее и быстрее. Если не принимать специальных мер, то переход окажется пробитым. В области больших запирающих напряжений вольтамперные характеристики будут иметь вид одной из кривых, показанных на рис. 1.

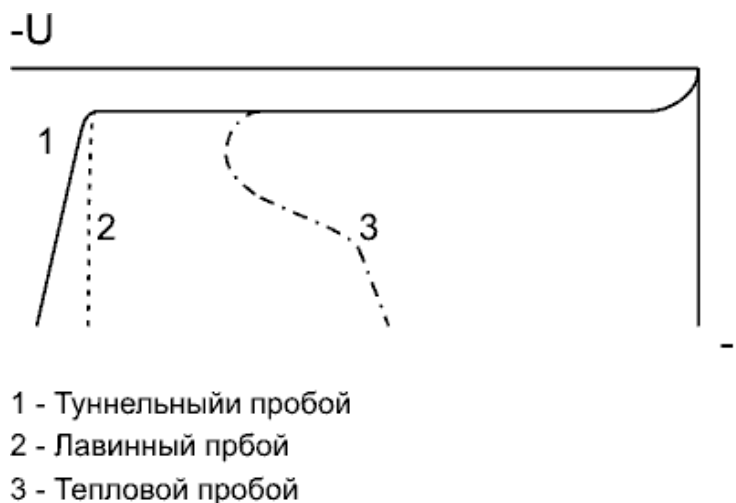


Рис. 1

Различают четыре вида пробоя:

- туннельный пробой;
- лавинный пробой, или пробой за счет ударной ионизации;
- тепловой пробой за счет кумулятивного разогрева перехода;
- поверхностный пробой.

Туннельный (зенеровский) пробой является результатом непосредственного воздействия сильного электрического поля на кристаллическую решетку полупроводника. При сильном обратном смещении p - n -перехода можно создать условия для прямых электронных переходов между валентной зоной и зоной проводимости (туннелирования). Запрещенная зона при этом трактуется как область отрицательной кинетической энергии, в которой волновые функции быстро затухают. Вероятность перехода электрона через такой потенциальный барьер (с сохранением энергии) отлична от нуля, если с другой стороны барьера имеются состояния с равной или меньшей энергией. Эта вероятность имеет существенное значение только, при большой напряженности поля и малой ширине барьера. При этом образуются парные заряды электрон — дырка, увеличивающие ток через переход. По этому туннельный будет характерен для узких (тонких) переходов.

Лавинный пробой возникает в том случае если не основные носители, попадающие в поле области объемного заряда, приобретают энергию, достаточную для разрыва валентной связи. При столкновении с решеткой кристалла они выбивают из связи валентный электрон. В результате этого также возникает парный заряд, увеличивающий ток через переход. Для того чтобы носители заряда успели приобрести за время движения в переходе достаточную энергию, время их дрейфа должно быть относительно велико. Поэтому ударная ионизация наблюдается только в достаточно широких переходах, т. е. в переходах на относительно высокоомном материале.

Как в первом, так и во втором случае сопротивление перехода начинает падать, ток резко возрастает. Так как эти два случая являются предельными, то часто мы будем иметь дело с переходами, в которых будут действовать оба указанных механизма.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что как у сплавных, так и у диффузионных германиевых и кремниевых переходов туннельный пробой наблюдается в основном при удельных сопротивлениях менее $0,1 \text{ ом/см}$. Напряжения туннельного пробоя составляют при этом менее 2В для германиевых и менее 5В для кремниевых переходов. Пробивные напряжения свыше 7В для кремниевых и свыше 5В для германиевых переходов соответствуют лавинному пробую. Промежуточные значения соответствуют одновременному существованию обоих видов пробоя. ВАХ для туннельного и лавинного пробоев оказываются довольно сходными, и практически не всегда можно с уверенностью сказать, какая из причин вызвала пробой.

Температурная зависимость напряжения туннельного пробоя будет определяться температурной зависимостью ширины p - n перехода. С ростом температуры уменьшается контактная разность потенциалов, уменьшается ширина p - n перехода, вероятность туннелирования возрастает, и напряжение пробоя падает.

Температурная зависимость напряжения лавинного пробоя зависит от температурной зависимости длины свободного пробега носителей тока. При рассеянии носителей на решетке подвижность носителей уменьшается. Поэтому для того, чтобы носитель при меньшей длине свободного пробега приобрел энергию, достаточную для ионизации валентных связей, поля в переходе должны иметь большую величину. Это приводит к тому, что напряжение пробоя будет увеличиваться с ростом температуры.

Таким образом, напряжения туннельного и лавинного пробоев имеют противоположные знаки изменения напряжения пробоя с изменением температуры ($\frac{dU_n}{dT}$). Изменение знака происходит при концентрациях порядка $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. В этой области ($U_n = 5 \div 6 \text{ В}$) изменения напряжения пробоя с температурой будут минимальными.

Тепловой пробой может иметь место в тех случаях, когда не обеспечивается необходимый отвод тепла от перехода, работающего в режиме выпрямления больших токов.

Явление поверхностного пробоя заключается в следующем. Поверхностный заряд, имеющийся практически всегда на поверхности полупроводника в месте выхода p - n перехода на поверхность, может сильно исказить картину поля в переходе. Это в свою очередь повлияет на ширину перехода на поверхности и как следствие может увеличить вероятность пробоя.

Методика проведения эксперимента

Особенности измерения статических ВАХ полупроводниковых приборов.

Для измерения статических ВАХ полупроводниковых диодов имеет значение выбор схемы включения измерительных приборов. На рис. 2 представлены две возможные измерительные схемы.

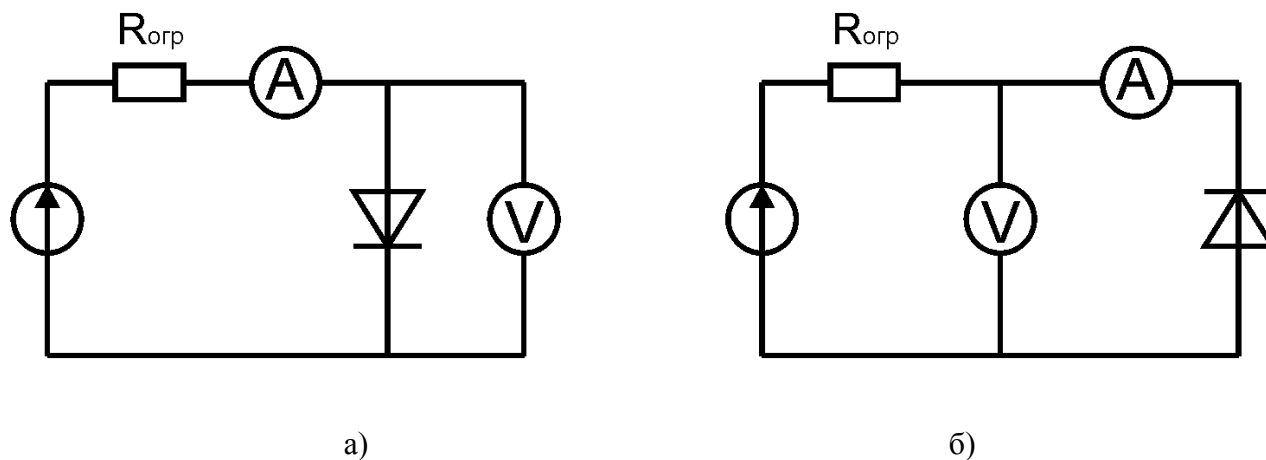


Рис. 2

Если внутренне сопротивление амперметра равно нулю, а внутреннее сопротивление вольтметра стремиться к бесконечности, то эти две схемы идентичны. При работе с реальными измерительными приборами эти условия не выполнимы.

Схему рис. 2а принято применять в случае, если внутреннее сопротивление вольтметра намного больше сопротивления исследуемого полупроводникового прибора (например, диод в прямом смещении).

Схему рис. 2б принято применять в случае, если внутреннее сопротивление амперметра намного меньше сопротивления исследуемого полупроводникового прибора (например, диод в обратном смещении).

При составлении измерительной схемы очень важно правильно соблюсти полярность генератора и измерительных приборов, а так же учесть их возможную электрическую связь друг с другом (гальванически развязаны, имеют общую «землю» или какое-то сопротивление связи).

Особенности измерения статических ВАХ полупроводниковых приборов с помощью прибора ИСХ1.

Исследование вольт-амперных характеристик металлического образца производится с помощью модульного учебного комплекса МУК-ТТ2 рис.3, в состав которого входит измеритель статических характеристик ИСХ1. Он содержит в себе генератор испытательных сигналов, амперметр и два вольтметра.

Прибор ИСХ1 позволяет проводить запись полученных данных на ЭВМ через COM-порт. Для этого необходимо воспользоваться программой управления прибором `ish1.exe`.

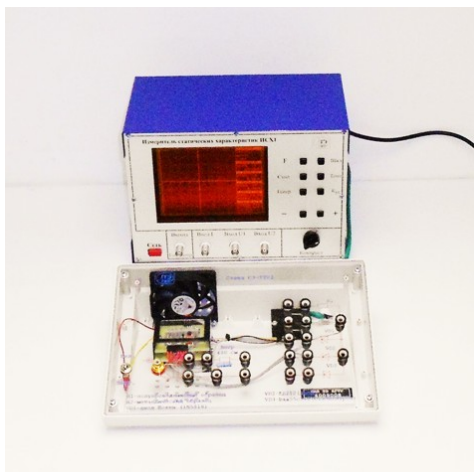


Рис.3

Генератор напряжения и вольтметры имеют общую «землю», а амперметр имеет сопротивление связи 1 МОм. Входное сопротивление вольтметров составляет 1 МОм, а сопротивление амперметра (в диапазоне с масштабным коэффициентом 10 мА/дел.) составляет 3 Ом.

На экране измерителя ИСХ1 может отображаться одновременно ВАХ прямого и обратного смещения диода. По этой причине одна из характеристик в зависимости от выбора схемы включения будет отображаться с систематической погрешностью.

Рекомендуется для исследования диода выбрать схему для обратного смещения рис. 4. В этом случае обратная ветвь

будет отображаться корректно, а прямая - иметь ошибку определения падения напряжения на диоде не более 10%.

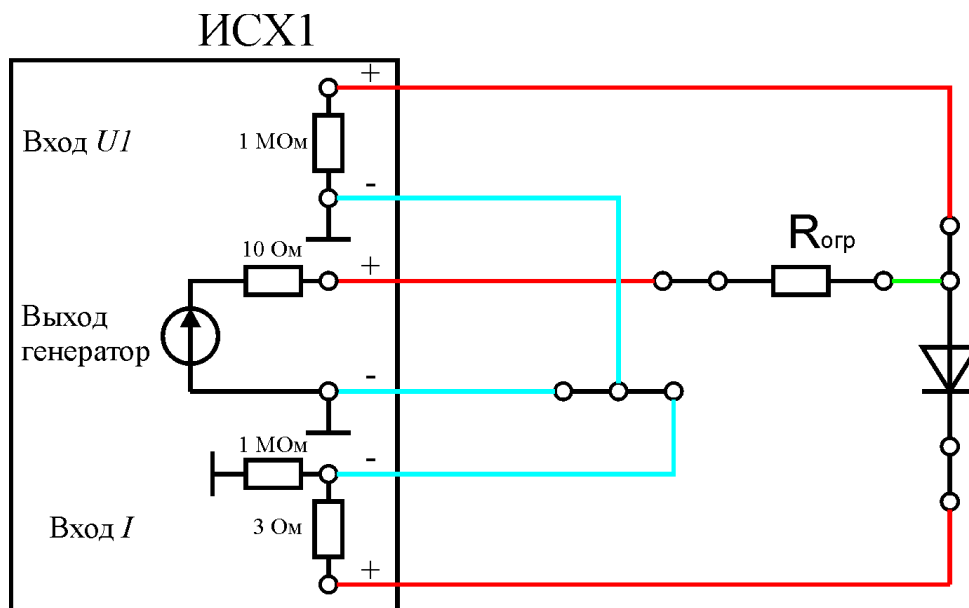


Рис. 4

Рекомендуемое задание

1. Подключите стенд СЗ-ГТ03 к измерителю статических характеристик ИСХ1 (разъем на задней панели) и соберите электрическую схему рис.4.
2. Включите прибор. Установите на приборе тип генерируемого сигнала (пилообразный).
3. Установите амплитуду выходного сигнала.
4. Получите на экране измерителя изображение прямой ветви ВАХ $U=f(I)$ диода при $t=30^{\circ}\text{C}$ установив масштабные коэффициенты каналов I и UI .
5. Проведите аналогичные измерения при температурах, $t=60^{\circ}\text{C}$, $t=90^{\circ}\text{C}$ и $t=120^{\circ}\text{C}$.
6. Определите вид пробоя стабилитрона по знаку изменения напряжения пробоя с изменением температуры ($\frac{dU_n}{dT}$).