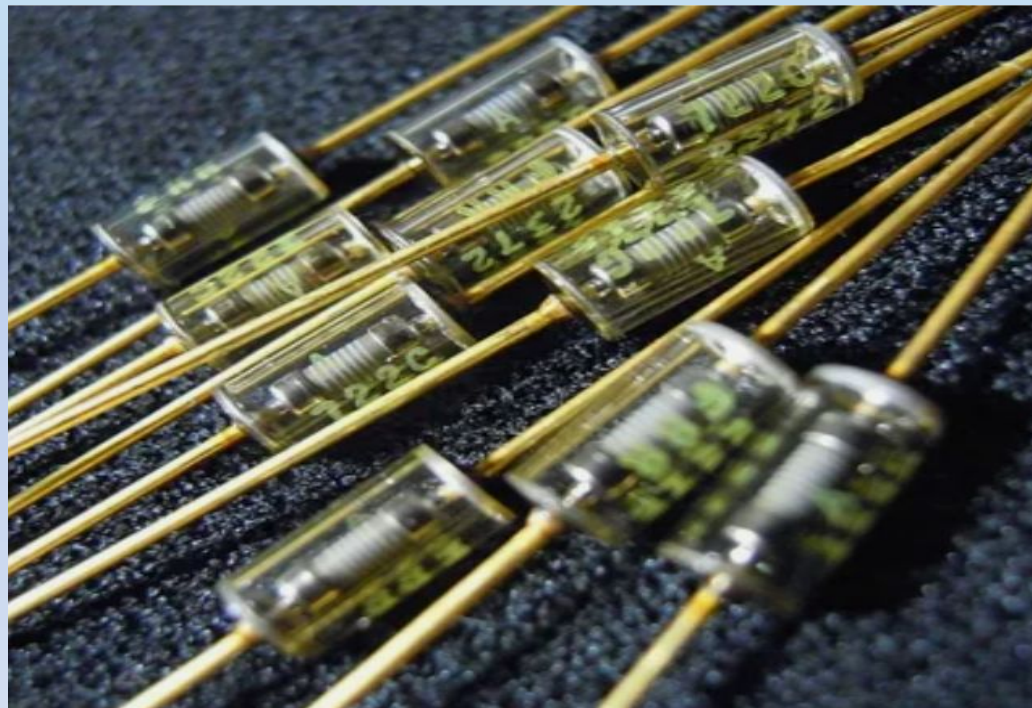


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ФГБОУ ВО НОВОСИБИРСКИЙ ГАУ

ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

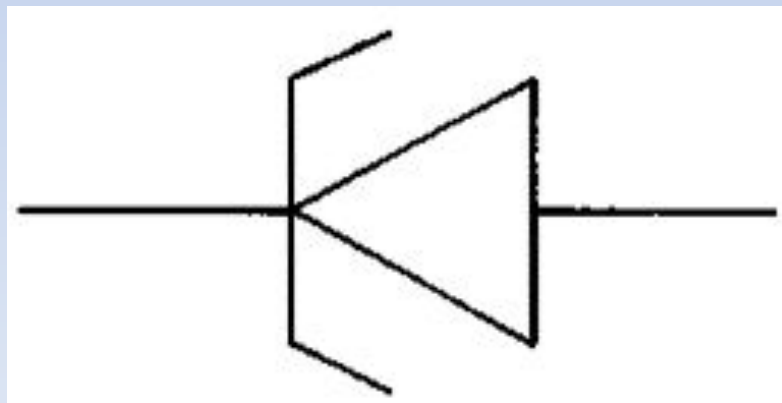
Тема доклада: **Туннельные диоды**



Доклад подготовил  
студент группы 3309  
Александренко Д.О.

**Туннельный диод** обладает особыми характеристиками, отличающими его от обычных диодов и стабилитронов. Если диоды и стабилитроны хорошо пропускают ток только в одну сторону (в обратную – только в области пробоя), то **туннельный диод способен хорошо проводить ток в обе стороны.**

Это свойство обеспечивают особенности устройства туннельного диода: очень узкий p-n переход и значительное количество примесей.



# История создания туннельного диода

Эта деталь была предложена в 1956 году японским ученым Л. Есаки. Для ее изготовления использовался германий или арсенид галлия с большим количеством примесей, обладающих низким удельным сопротивлением.



Арсенид галлия оказался более перспективным материалом.



При производстве туннельных диодов используются: доноры – олово, сера, теллур, свинец, селен, а также акцепторы – кадмий и цинк. Применяются германиевые полупроводники, в которых: доноры – мышьяк и фосфор, а акцепторы – алюминий и галлий. Примеси вводят в состав диода путем сплавления или диффузии.

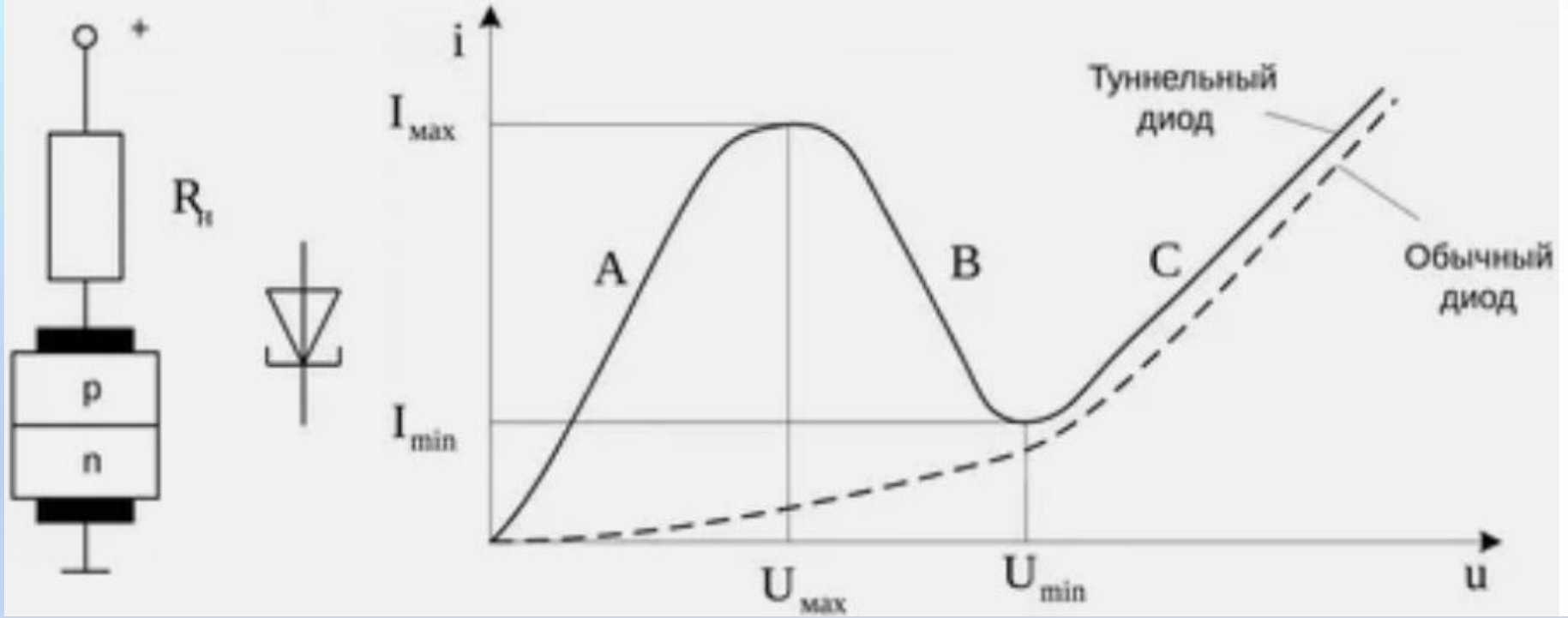
# Особенности и принцип действия туннельного диода

Туннельные диоды с чрезвычайно малым сопротивлением относят к группе вырожденных.

Для них характерны:

- **электронно-дырочный переход** – в десятки раз тоньше, по сравнению с обычными диодными устройствами;
- **потенциальный барьер** – в 2 раза выше относительно стандартных полупроводниковых деталей;
- **наличие напряженности поля** даже при отключении питающего напряжения –  $10^6$  В/см.

Уникальные свойства туннельного диода проявляются в его вольтамперной характеристике (ВАХ) при прямом смещении в полупроводнике.



На схеме видно, что на отрезке А ток растет с увеличением напряжения. На участке В полупроводник проявляет отрицательное сопротивление (туннельный эффект), приводящее к тому, что при росте вольт-амперной характеристики ток снижается. На отрезке С прибор снова обеспечивает прямую зависимость между током и напряжением.

Туннельные диоды предназначены для работы как раз на отрезке, для которого характерно отрицательное сопротивление. Небольшое повышение напряжения выключает его, а снижение – включает.

# Основные параметры туннельных диодов

При выборе этого полупроводника учитывают:

- ток пика – максимальный ток прямого направления;
- пиковое напряжение, характерное для тока пика;
- минимальный ток (ток впадины) и характерное для него напряжение;
- напряжение скачка – максимальный перепад напряжений;
- емкость – емкость между выводами полупроводника при определенной вольтовой характеристике смещения.



# Маркировка туннельных диодов и их обозначение на схеме

В обозначении диодов присутствует несколько позиций (обычно 5).

Первой идет буква или цифра. Цифры 1, 2, 3 обозначают, что диод предназначен для военного применения (имеет более широкий температурный рабочий интервал, по сравнению со стандартными полупроводниками).

На первой позиции может стоять буква, указывающая на материал, используемый при изготовлении детали: Г – германий, А – арсенид галлия.

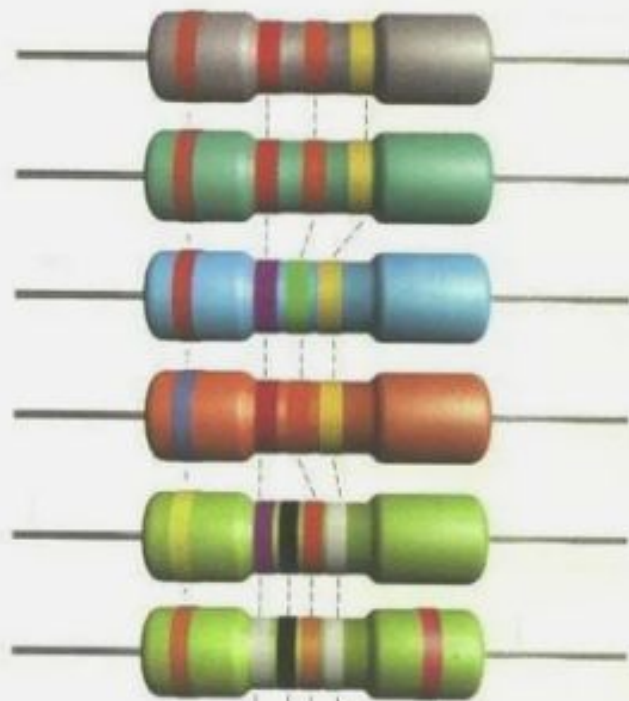
Вторая позиция показывает класс полупроводника, Д – обозначает «диод».

На третьей позиции отображают характеристики мощности или частоты.

Четвертая – двух- или трехзначный серийный номер.

В конце обозначения производитель предоставляет дополнительную информацию.



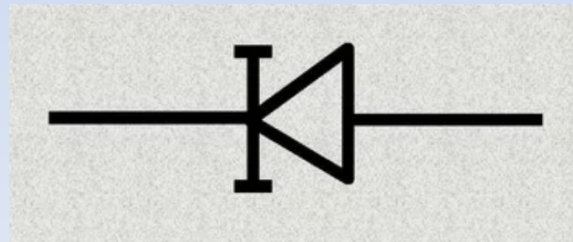


Серебряный				0.01	10%	
Золотой				0.1	5%	
Черный		0	0	1		
Коричневый	1	1	1	10	1%	100 ppm
Красный	2	2	2	100	2%	50 ppm
Оранжевый	3	3	3	1k		15 ppm
Желтый	4	4	4	10k		25 ppm
Зеленый	5	5	5	100k	0.5%	ТКС
Голубой	6	6	6	1M	0.25%	
Фиолетовый	7	7	7	10M	0.1%	
Серый	8	8	8	100M	Допуск	
Белый	9	9	9	Множитель		
Цвет	1-я цифра	2-я цифра	3-я цифра			

# Области применения

Параметры туннельного диода обеспечивают его использование в следующих областях:

- в качестве высокоскоростного выключателя;
- в роли усилителя, в котором повышение напряжения вызывает более значительный рост тока, по сравнению со стандартными диодными устройствами;
- для получения и усиления электромагнитных колебаний;
- в радиоэлектронных переключающих и импульсных устройствах различного назначения, для которых актуально высокое быстродействие.



# Преимущества и недостатки

## Плюсы туннельных диодов:

- особая вольтамперная характеристика в определенном интервале напряжений;
- уникальное быстродействие, малая инерционность;
- устойчивость к ионизирующему излучению;
- сниженное потребление электроэнергии от источника электропитания.

Все туннельные диоды имеют компактные размеры.

Часто они представляют собой изделия в герметичных корпусах цилиндрической формы диаметром 3-4 мм, высотой 2 мм и массой менее 1 грамма.

## Минусы туннельных диодов:

Существенным недостатком полупроводников этого типа является **значительное старение**, которое приводит к изменению их свойств, а следовательно, к нарушению нормальной функциональности устройства. «Туннельники» могут утратить прежние параметры не только из-за превышенных рабочих режимов, но даже из-за длительного хранения, после чего они превращаются в «обращенные» полупроводники. Такое обстоятельство часто становится причиной некорректного функционирования промышленных осциллографов.

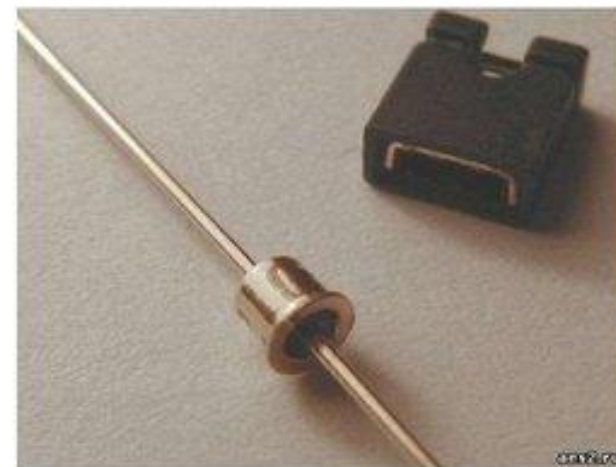
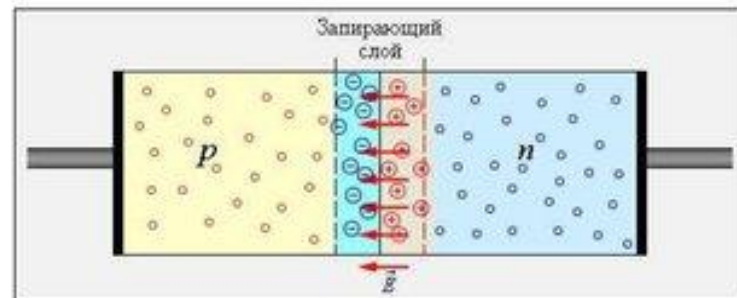
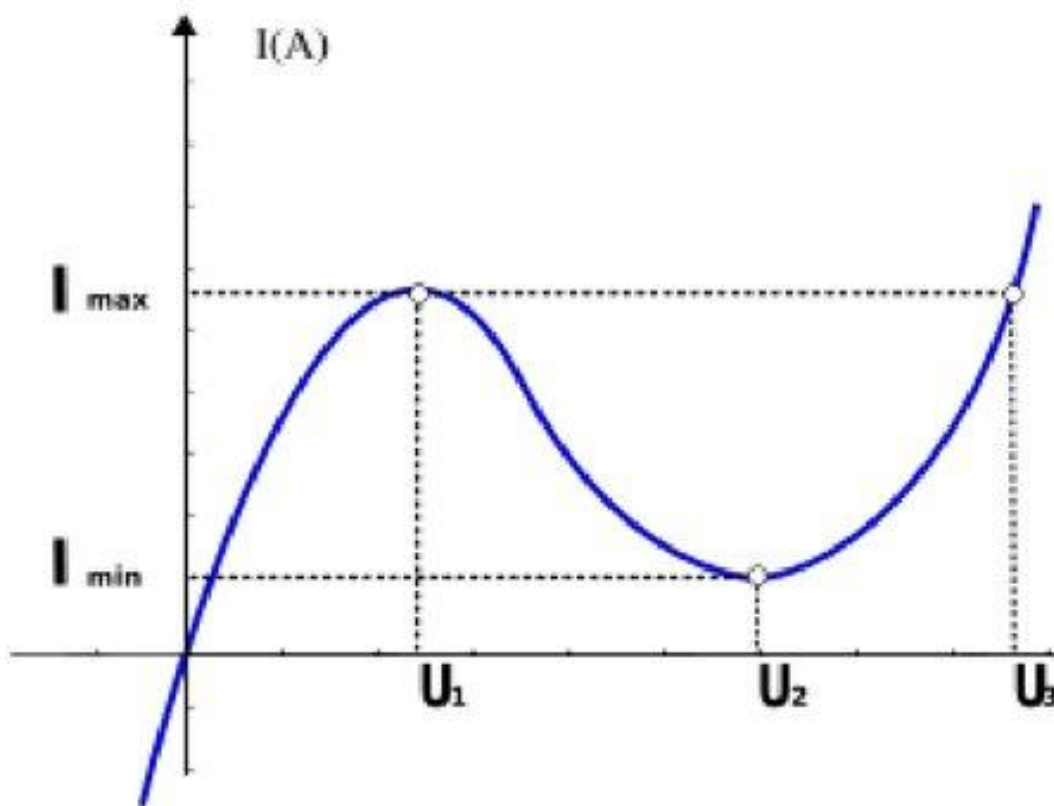
Существуют и «обращенные» полупроводники промышленного изготовления. От туннельных они отличаются меньшей концентрацией примесей, хотя общий принцип функционирования у них одинаковый.

# Как проверить туннельный диод на работоспособность

Проверять работоспособность ТД авометром – комбинированным прибором для измерения тока, напряжения и частоты – запрещено, поскольку полупроводники некоторых групп могут выйти из строя. Если неизвестна принадлежность детали к определенной категории, то безопасней использовать генераторный пробник, позволяющий контролировать работоспособность туннельного диода в активном режиме.

# Вольтамперная характеристика туннельного диода

# Фото и структура туннельного диода



Спасибо за внимание!