

Исследование свойств полупроводниковых приборов

Авторы работы:

Шматков Павел

Головачев Алексей

Никитин Степан

Руководитель:

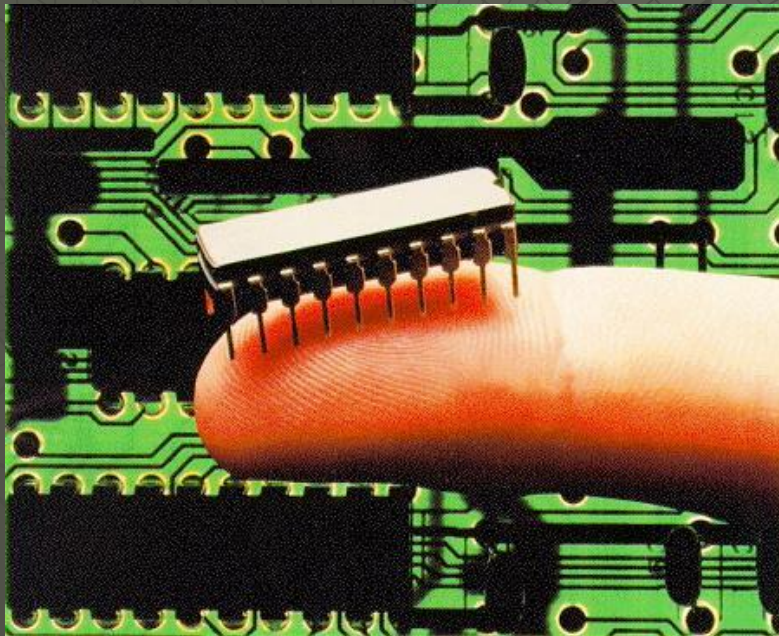
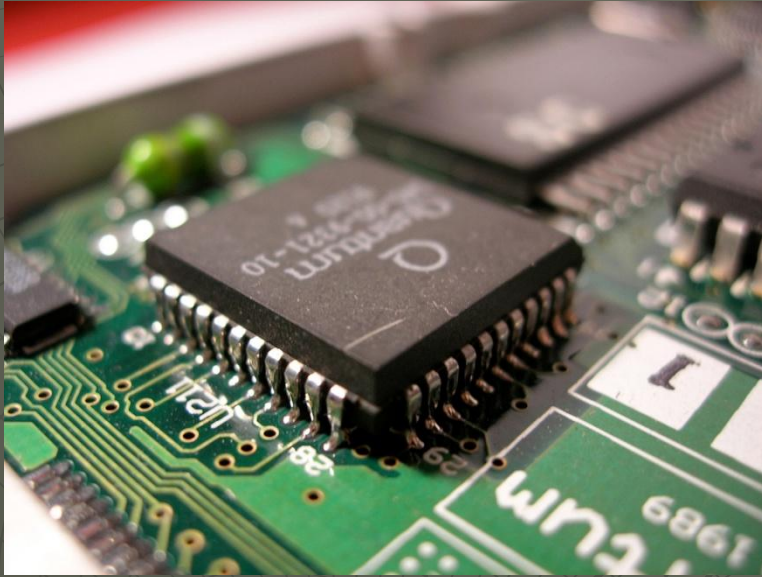
Батищева А. Б.

МОУ Сортавальского МР РК СОШ №1

Цель работы

Показать необходимость дальнейшего развития полупроводниковой отрасли (несмотря на чувствительность к внешним факторам : повышение температуры, электрические перегрузки, проникающее излучение) производства путем выявления преимуществ над остальными отраслями научной сферы.

Введение



XX и XXI век характеризуется развитием полупроводниковой электроники и микроэлектроники. Это привело к изменению мировой экономики, основанной на новых информационных технологиях.

Компании-лидеры по производству полупроводников

Место в I полугодии		Компания	Штаб-квартира	Продажи в I полугодии		изменения (%)
2007	2008			2007	2008	
1	1	Intel Corporation	США	15 988	17 496	9
2	2	Samsung Electronics Co. Ltd.	Южная Корея	9 249	11 187	21
3	3	Texas Instruments Inc. (TI)	США	6 372	6 366	0
4	4	Toshiba Corporation	Япония	5 759	5 844	1
5	6	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Ltd. (TSMC)*	Тайвань	4 180	5 661	35
6	5	STMicroelectronics N.V.	Швейцария	4 039	4 570	13
7	8	Renesas Technology Corp.	Япония	3 933	4 337	10
8	7	Hynix Semiconductor Inc.	Южная Корея	4 567	3 499	-23
9	9	Sony Corporation	Япония	3 289	3 430	4
10	14	Qualcomm Inc.**	США	2 626	3 382	29
11	12	Infineon Technologies AG	Германия	2 643	3 146	19
12	15	NEC Corporation	Япония	2 712	2 998	11
13	13	Micron Technology Inc.	США	2 698	2 920	8
14	10	NXP Semiconductors B.V.	Нидерланды	2 851	2 888	1
15	11	Advanced Micro Devices, Inc. (AMD)	США	2 611	2 854	9
16	16	Freescale Semiconductor Inc.	США	2 605	2 693	3
17	17	Fujitsu Microelectronics Ltd.	Япония	2 108	2 334	11
18	21	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. (Panasonic)	Япония	1 775	2 228	26
19	19	Nvidia Corporation**	США	1 743	2 143	23
20	23	Broadcom Corporation**	США	1 789	2 139	20
-	-	Всего по Top-20		83 537	92 115	10

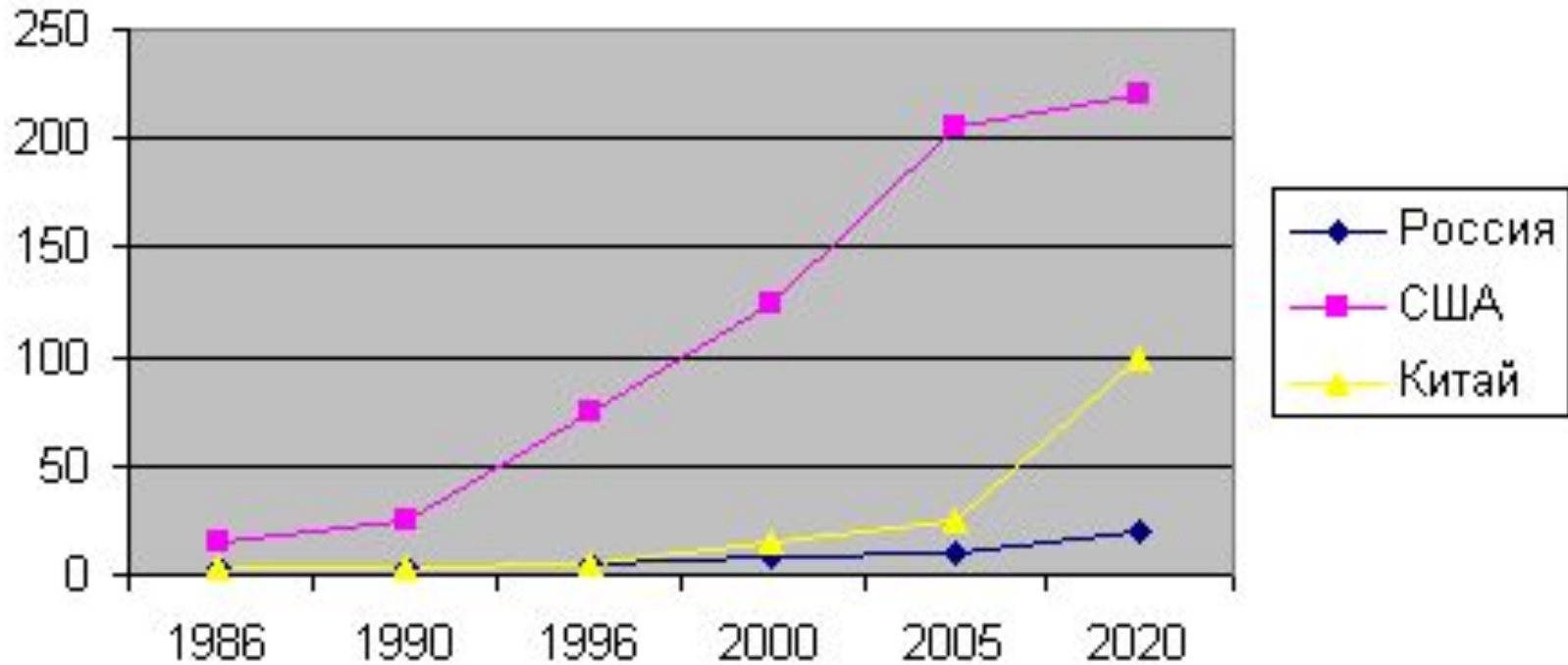
* Foundry (занимается исключительно производством, разработок не ведет)

** Fabless (занимается исключительно разработками, производства не имеет)

Источник: IC-Insight

Сравнительная характеристика

Общие объемы производства ИЭТ
(млрд.долл)



Солнечная энергия



Жорес Алферов



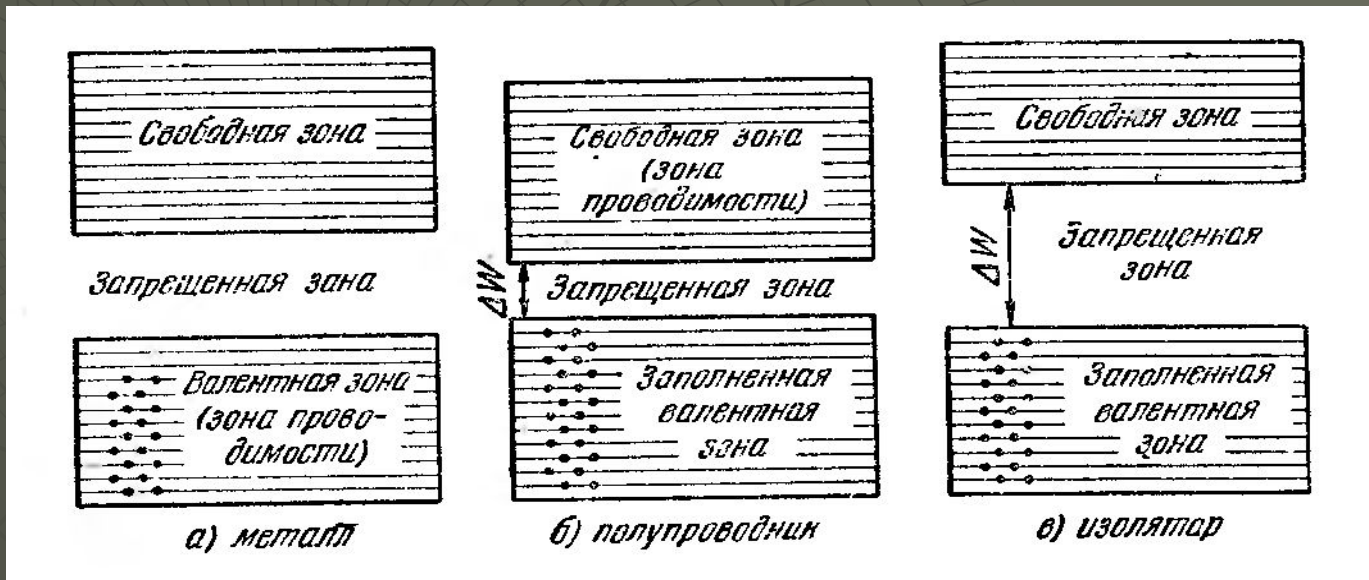
Статья Жореса Алферова:
«Перспективы развития
нанотехнологий»

Определение и свойства

Полупроводники - вещества, электрическая проводимость которых занимает промежуточное место между проводимостью металлов и диэлектриков.

Полупроводник - это материал, который проводит электричество лучше, чем такой диэлектрик, как каучук, но не так хорошо, как хороший проводник, например медь.

В отличие от металлов, электропроводность полупроводников с повышением температуры и освещенности возрастает.



Полупроводниковые электронные приборы

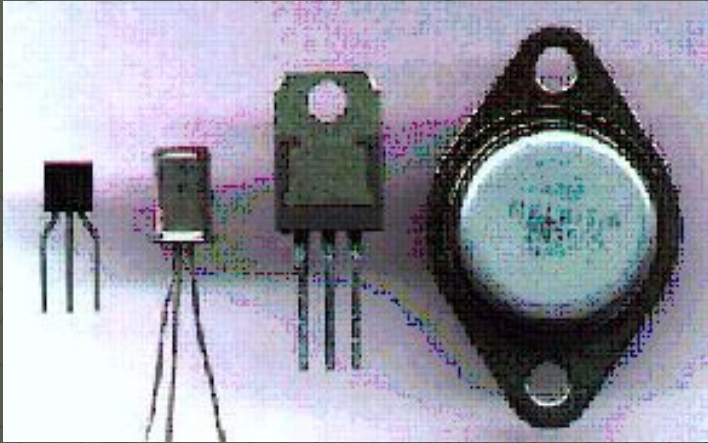
Светодиод, или светоизлучающий диод (СИД) — полупроводниковое устройство, излучающее некогерентный свет при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком участке спектра, его цветовые характеристики зависят от химического состава использованного в СИД полупроводника.

Как и в нормальном полупроводниковом диоде, в светодиоде имеется р-п переход. При пропускании электрического тока в прямом направлении, носители заряда — электроны и дырки рекомбинируют с излучением фотонов. На самом деле, любой кремниевый или германиевый диод испускает фотоны, но правильный выбор материалов и технологии позволяет минимизировать потери энергии.

Светодиоды используются в сигнальных и осветительных приборах.



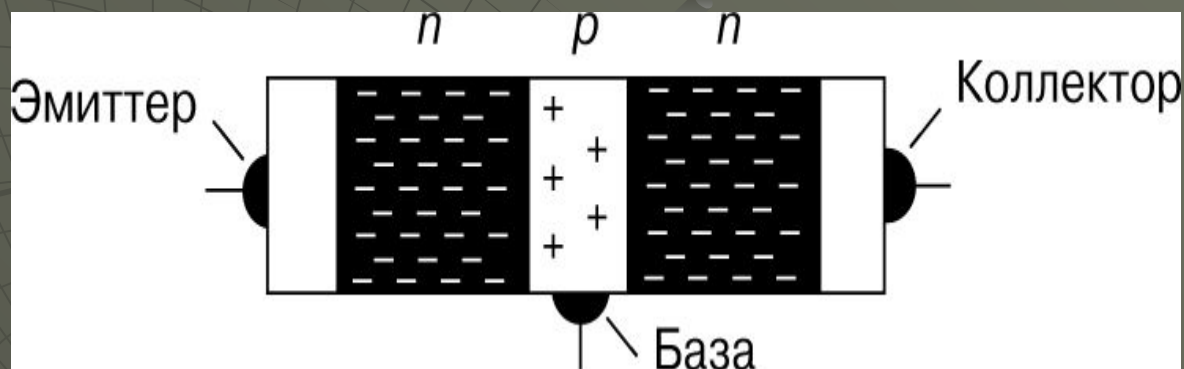
Транзистор



Транзистор — трёхполюсный полупроводниковый электронный прибор, изменяющий своё сопротивление при приложении напряжения на управляющий электрод, что позволяет управлять мощной цепью слабым сигналом. Благодаря этому свойству, транзистор применяется для усиления, коммутации и преобразования электрических сигналов.

Транзисторы — основа всех современных электронных устройств, они применяются практически во всех современных бытовых приборах. Сейчас большая часть транзисторов используется в составе интегральных микросхем. Интегральная микросхема может содержать миллионы транзисторов на одном кристалле полупроводника (в основном кремния).

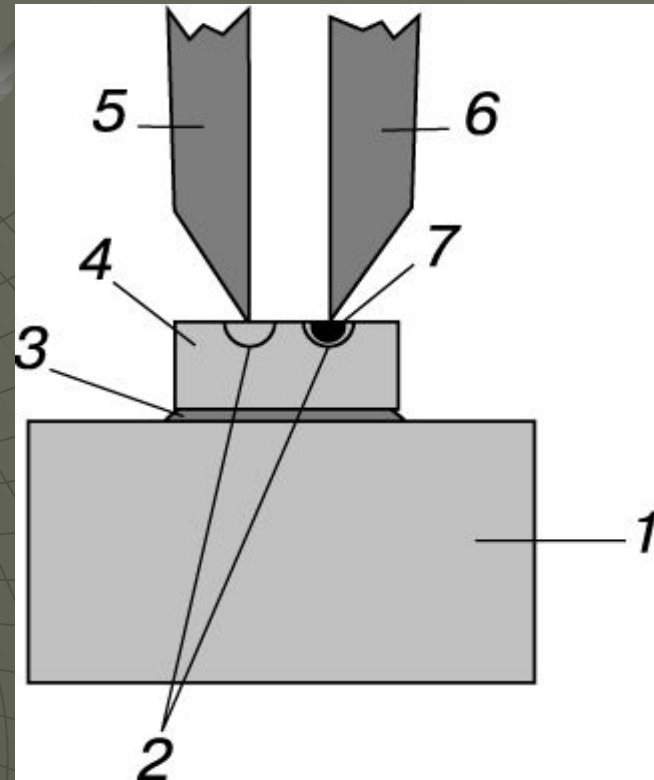
ТРАНЗИСТОР С $p-n-p$ ПЕРЕХОДОМ



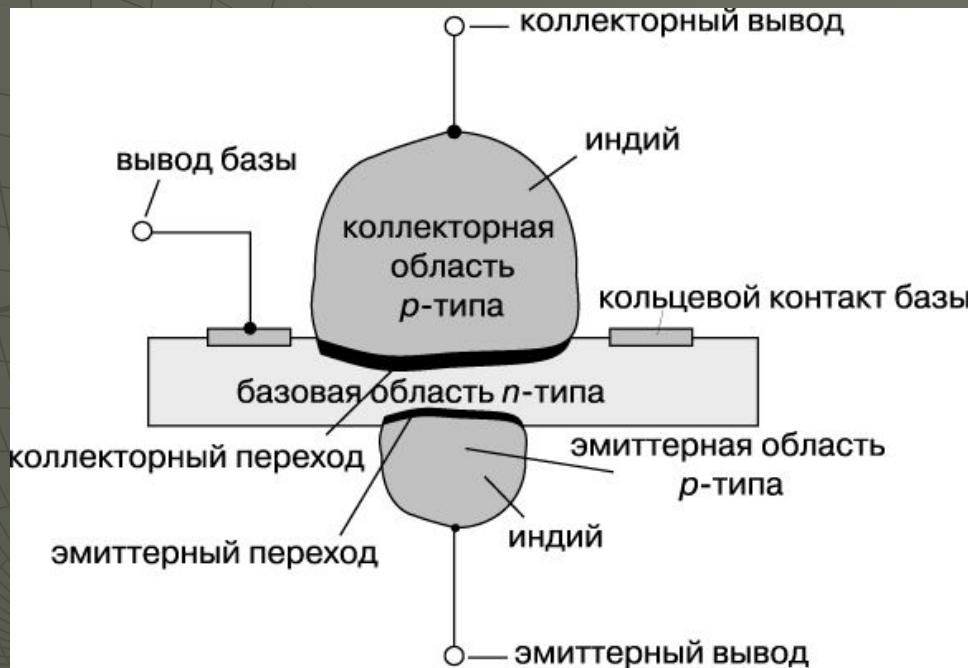
ТРАНЗИСТОР С ПЕРЕХОДОМ типа $n-p-n$ или $p-n-p$. Показаны эмиттер, коллектор и база. Транзисторы такого типа применяются в качестве усилителей.

Точечный транзистор

Две заостренные проволоочки прижаты к полупроводниковому кристаллу n -типа (германий), припаянному к металлическому кристаллодержателю. 1 - латунный или иной кристаллодержатель; 2 - области p -типа; 3 - припой или золотой сплав (контакт базы); 4 - кристалл n -типа; 5 - эмиттерный точечный контакт (бериллиевая бронза); 6 - коллекторный точечный контакт (фосфористая бронза); 7 - область n -типа.

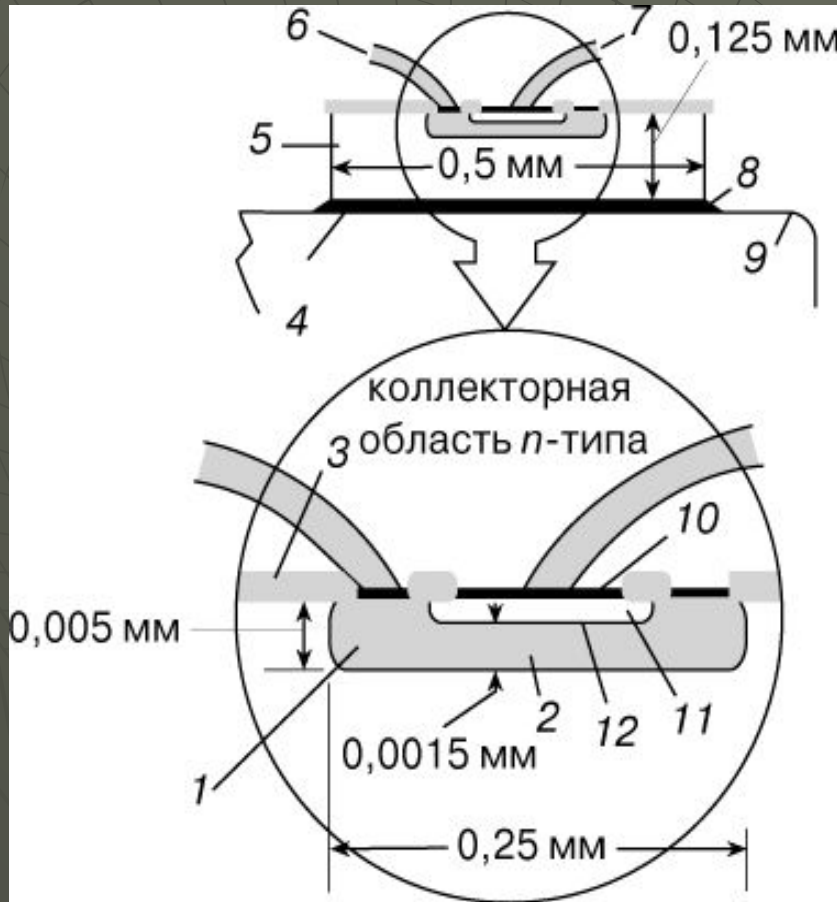


Сплавной плоскостной транзистор



СПЛАВНОЙ ПЛОСКОСТНОЙ ТРАНЗИСТОР типа pnp , показанный схематически в разрезе. Представляет собой электронный ключ, который открывается и закрывается при изменении направления смещения. Разные варианты такого устройства применяются в компьютерах, телефонном оборудовании и радиоприемниках.

Диффузионный транзистор



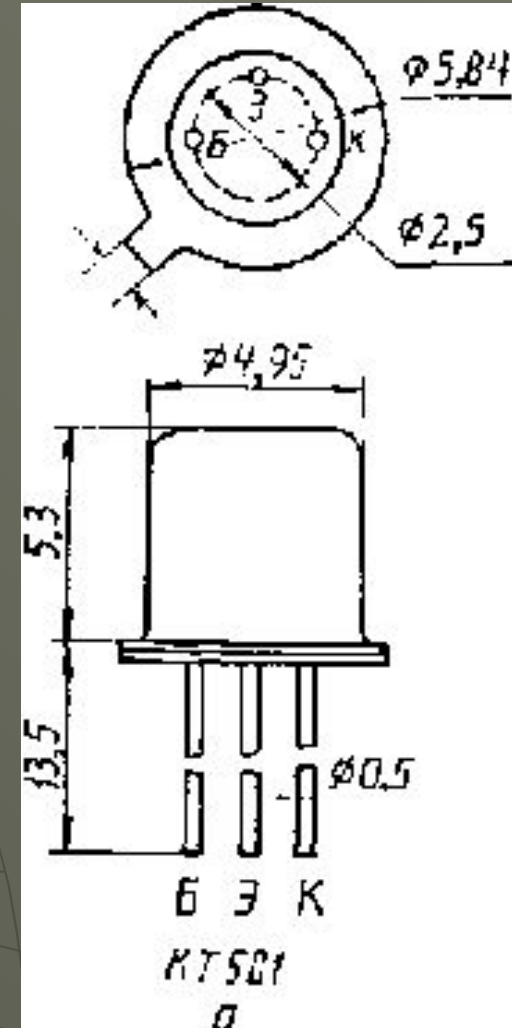
1 - базовая область *p*-типа; 2 - коллекторный переход; 3 - слой диоксида кремния; 4 - коллекторный контакт; 5 - микрокристалл кремния; 6 - вывод базы; 7 - эмиттерный вывод; 8 - электрическое соединение золото - кремний; 9 - металлический кристаллодержатель; 10 - напыленный электрод; 11 - эмиттерная область *n*-типа; 12 - эмиттерный переход

Планарные биполярные транзисторы



- ◆ Термин «планарные» означает, что все переходы выходят на поверхность, где они могут быть защищены слоем диоксида кремния. Используются носители обоих типов - и электроны, и дырки, в отличие от полевых транзисторов

- ◆ Существуют два вида транзисторных структур - из объемного материала и эпитаксиальная. Первая создается просто на поверхности пластинки из «массивного» кремния. Такой транзистор имеет тот недостаток, что у него большое последовательное сопротивление коллектора, нежелательное в случае переключающего устройства. Этот недостаток отсутствует при использовании эпитаксиального материала - тонкого слоя кремния с высоким удельным сопротивлением (в котором может быть создана транзисторная структура), выращенного поверх толстого слоя сильно легированного материала



Полевой транзистор

Для изготовления МОП-транзисторов используется высокоомный кремний p - или n -типа. В кремнии p -типа методом диффузии создаются две сильно легированные близлежащие области n -типа. Одна из них, называемая истоком, является входной. Другая - сток - служит выходом. Над узкой промежуточной областью наращивается тонкий изолирующий слой (толщиной 200 нм и менее) диоксида кремния. На него наносят слой металла или кремния, который служит управляющим электродом. При подаче на управляющий электрод положительного напряжения возникает сильное электрическое поле, которое притягивает электроны к поверхности кремния, и образуется проводящий канал n -типа, соединяющий исток со стоком. Режим с положительным напряжением называется режимом обогащения. Можно изготавливать приборы, открытые в отсутствие внешнего напряжения. Отрицательное напряжение в них сужает канал и повышает его сопротивление; такой режим называется режимом обеднения. Изготавливаются также транзисторы с каналом p -типа

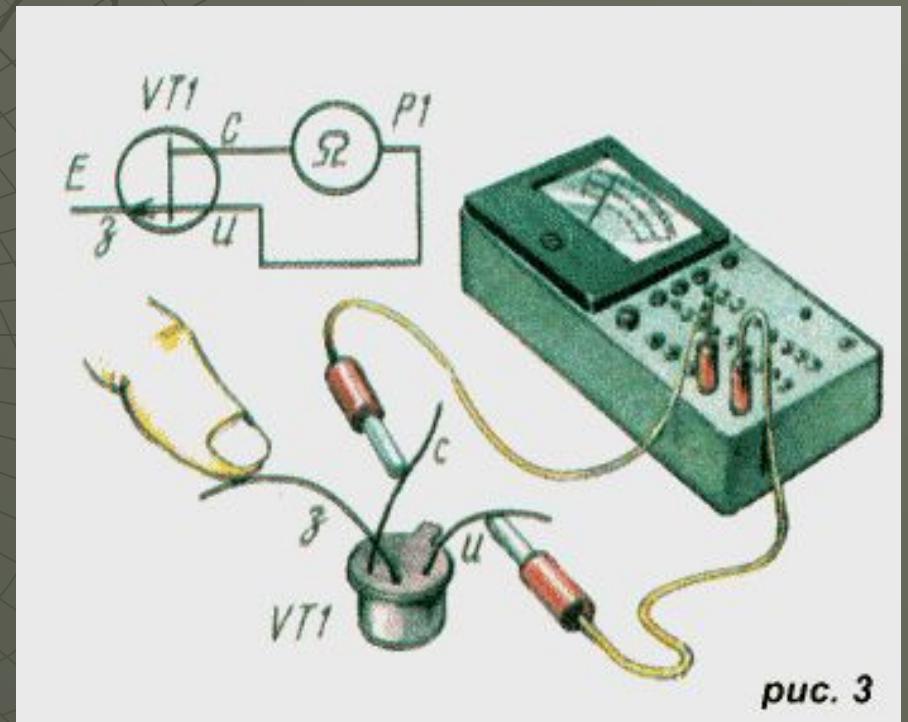
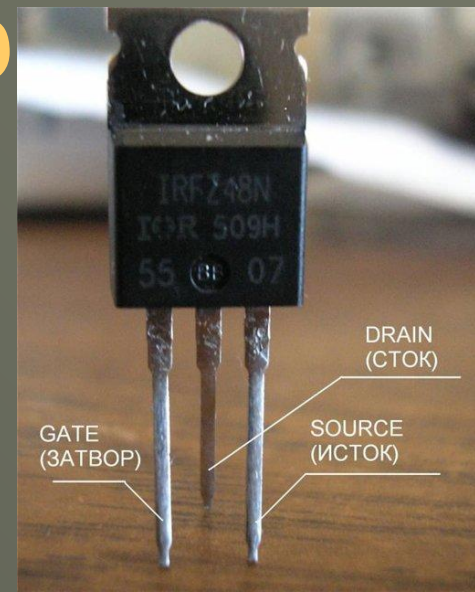


рис. 3

Тиристоры

Тиристор состоит из двух транзисторов (npr и pnp), расположенных так, что коллектор pnp -части тиристора является базой npr -части, а коллектор npr -части - базой pnp -части. Если инжектировать небольшой ток в базу npr -части, то он создаст для эмиттера прямое смещение, и возникнет ток эмиттера. Этот ток, собранный коллектором pnp -части, становится током базы pnp -части, который вызывает появление тока эмиттера этой части

ТРИОДНЫЙ ТИРИСТОР - полупроводниковый прибор, позволяющий преобразовать переменный ток в постоянный.

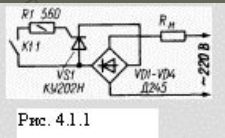


Рис. 4.1.1

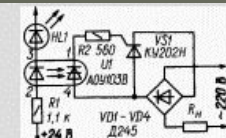


Рис. 4.1.2

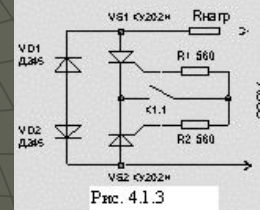


Рис. 4.1.3

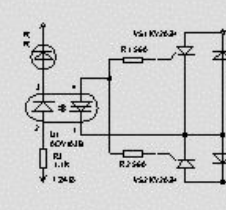


Рис. 4.1.4

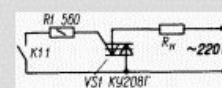


Рис. 4.1.7

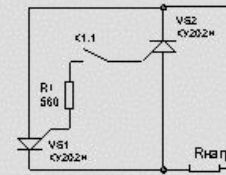


Рис. 4.1.8

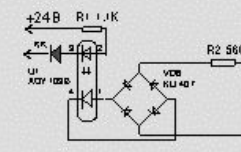


Рис. 4.1.5

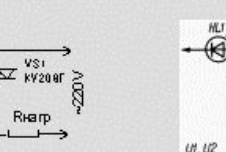
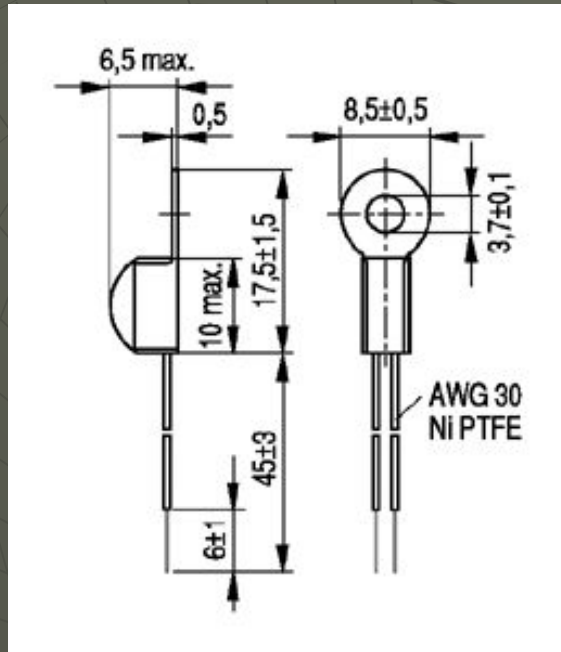


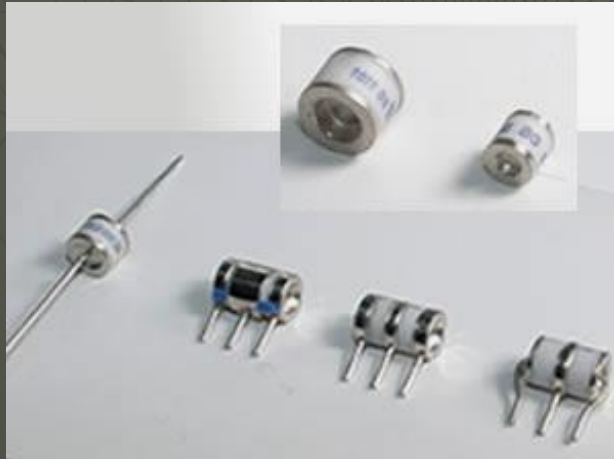
Рис. 4.1.6

Тепловые сопротивления (термисторы)



Полупроводники:

- ◆ Применение в качестве чувствительных термометров при дистанционных измерениях
- ◆ Использование в качестве термометров для замера температур окружающей среды



[Термистор\(видео - опыт\)](#)

Термисторы: широкое применение в технике

- ◆ применяют как регуляторы температуры,
- ◆ контролирование температуры в большом числе точек
- ◆ в приборах для измерения утечки газа,
- ◆ для дистанционного измерения влажности,
- ◆ для измерения высоких давлений, механических напряжений, скорости или количества протекающих жидкости, скорости движения

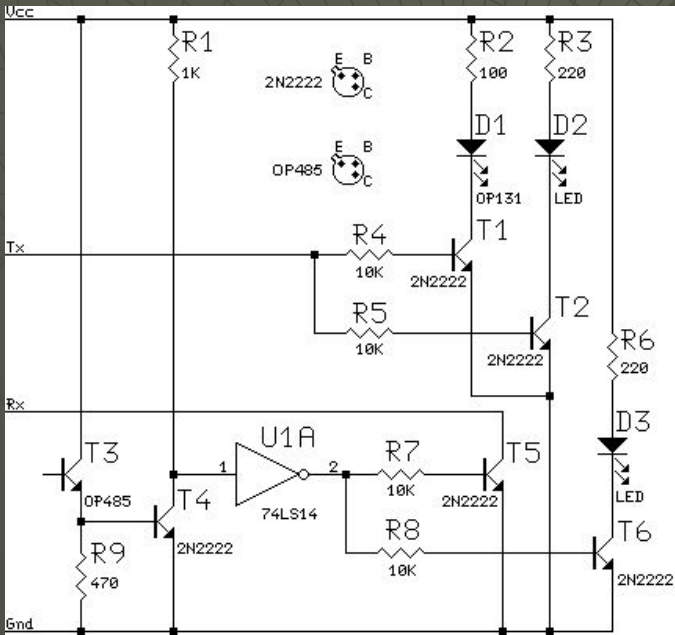


Фоторезистор

ВИДЕО



Когда на транзистор падает свет достаточно большой энергии, т.е. с достаточно малой длиной волны, в нем освобождаются электронно-дырочные пары. Если пары возникают вблизи $p-n$ -перехода с напряжением обратного смещения, они могут диффундировать в область перехода. Один из носителей может быть ускорен напряжением, имеющимся на переходе, и тогда он приобретает способность освобождать дополнительные заряды в процессах столкновения. В материале n -типа ускоряется дырка, в материале p -типа - электрон. Поскольку заряды несут ток через переход, он возникает и во внешней цепи, т.е. свет преобразуется в электрический ток.



Фоторезистор

Использование:

1. Регистрация и изменения слабых световых потоков.
2. Обнаружение инфракрасных лучей.
3. В автоматических устройствах, служащих для подсчета изделий движущихся на конвейере, контроля их размеров

Например, турникет в метро работает именно по такому принципу.



Вывод

Изучив литературу о полупроводниках, мы пришли к выводу, что полупроводники имеют существенные преимущества над остальными проводящими элементами:

- ◆ Миниатюрность
- ◆ Долговечность
- ◆ Высокая чувствительность
- ◆ Возможность использования источников тока с малым рабочим напряжением
- ◆ Низкое энергопотребление
- ◆ Экономичность

Ближайшее будущее полупроводников

Нанотехнологии:

- На основании вышеприведенных таблиц и графиков можно сделать вывод, что нанотехнологическая промышленность является самой перспективной отраслью на сегодняшний день и находит свое применение практически во всех сферах жизни человека и общества.
- Несмотря на бурное развитие биотехнологий, появление биочипов сохранит востребованность очень долго. Именно поэтому, современная, и прежде всего, полупроводниковая, электроника, которую сегодня можно называть наноэлектроникой, является самым мощным потребителем научных исследований, в том числе фундаментальных, и, безусловно, прикладных. Следовательно, необходимо усиленно развивать это направление науки.

Ресурсы

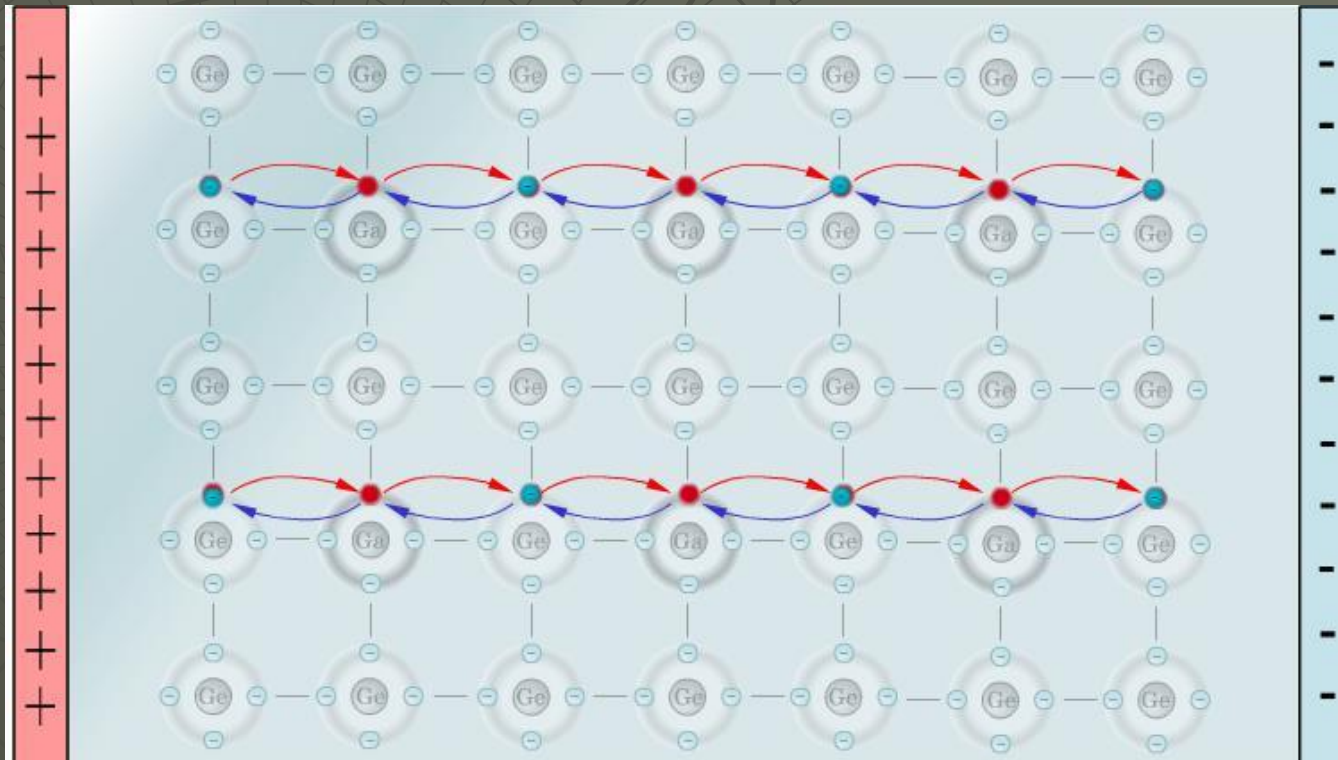
- ◆ 1. «Основы наноэлектроники» Драгунов В.П. учеб. пособие /В.П. Драгунов, И.П. Неизвестный, В.А. Гридчин. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. 332 с.
- ◆ 2. «Полупроводниковые приборы:» Пасынков В.В. Учебник для вузов /В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. 6-е изд., стер. СПб.: Лань, 2002. 480 с.
- ◆ 3. «Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы» В.А Буров , Б.С. Зворыкин т. II, под редакцией А.А. Покровского, «Просвещение» 1972 год 449 с.

A large satellite dish antenna is shown in a dark, monochromatic style. A hand is pointing towards the center of the dish. The text "Спасибо за внимание !!!" is overlaid on the dish in a bright yellow color.

Спасибо за внимание !!!

Собственная проводимость полупроводников

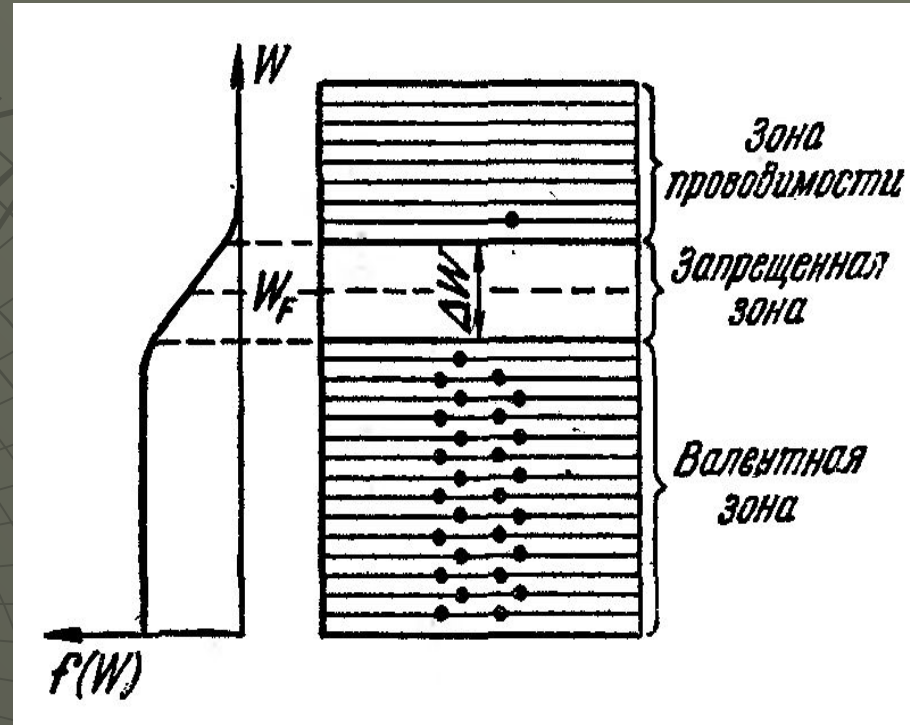
- ◆ Собственная проводимость - проводимость идеальных чистых полупроводников (без примесей)
- ◆ Делится на электронную и дырочную.
- ◆ Электронная проводимость обусловлена наличием свободных электронов
- ◆ Дырочная проводимость обусловлена наличием дырок - вакантное место с недостающим электроном



Собственная проводимость полупроводников

Собственная проводимость возникает в результате перехода электронов с верхних уровней валентной зоны в зону проводимости.

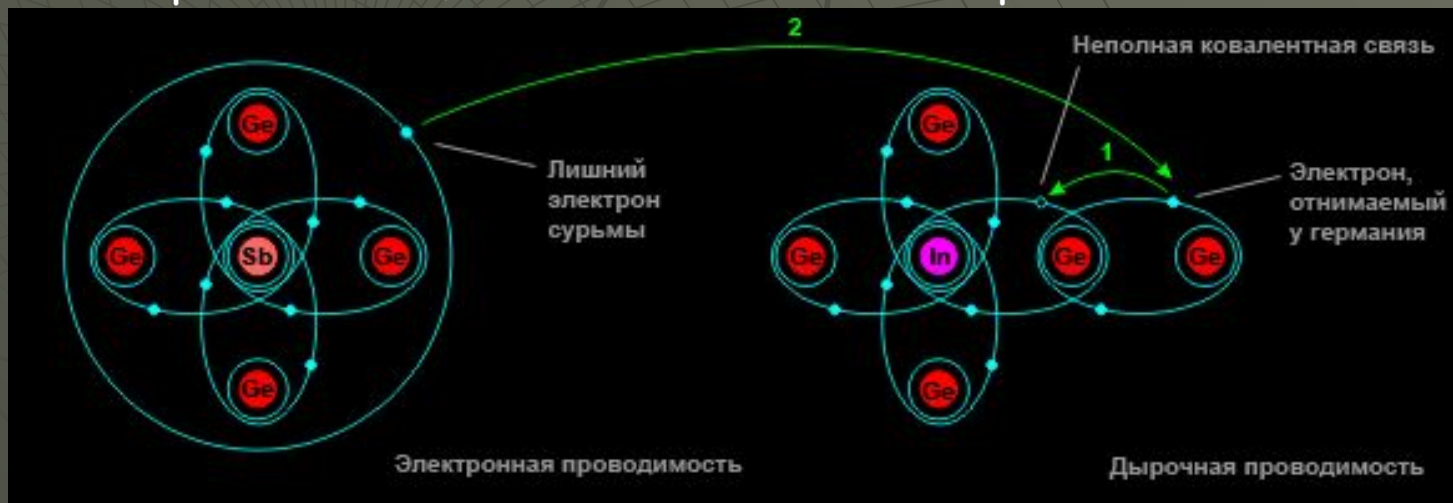
При этом в зоне проводимости появляется некоторое число носителей тока – электронов (на уровне вблизи дна зоны); одновременно в валентной зоне освобождается такое же число мест на верхних уровнях, в результате чего появляются дырки.



Примесная проводимость полупроводников

Примесная проводимость возникает, если некоторые атомы данного полупроводника заменить в узлах кристаллической решетки атомами, валентность которых отличается на единицу от валентности основных атомов

Изменяя концентрацию примеси, можно значительно изменять число носителей заряда того или иного знака. Благодаря этому можно создавать полупроводники с преимущественной концентрацией либо отрицательно, либо положительно заряженных носителей



Примесная проводимость полупроводников

Донорные примеси

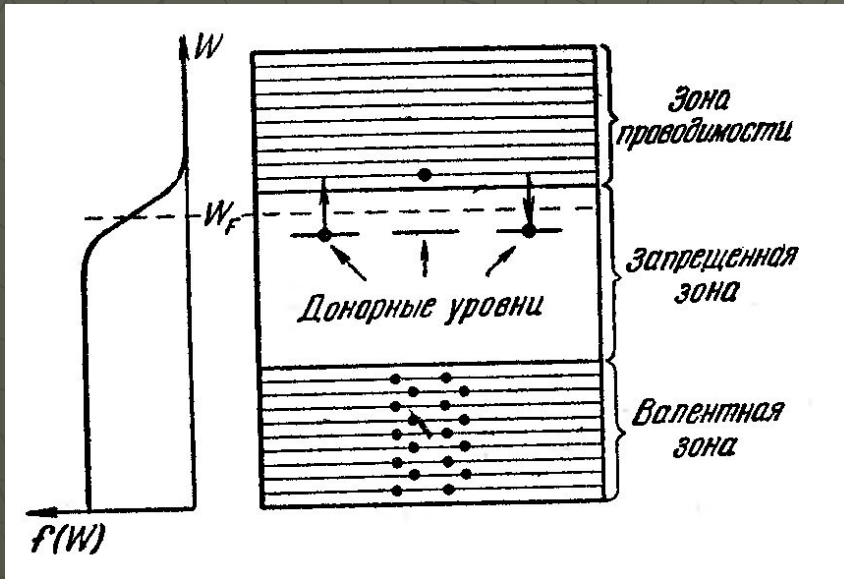
При наличии примесей концентрация свободных электронов значительно возрастает и становится в тысячу раз больше концентрации свободных электронов в чистом полупроводнике. Примеси, легко отдающие электроны, называют донорными, и такие полупроводники являются полупроводниками n-типа. В полупроводнике n-типа электроны являются основными носителями заряда, а дырки — не основными

Примесная проводимость полупроводников

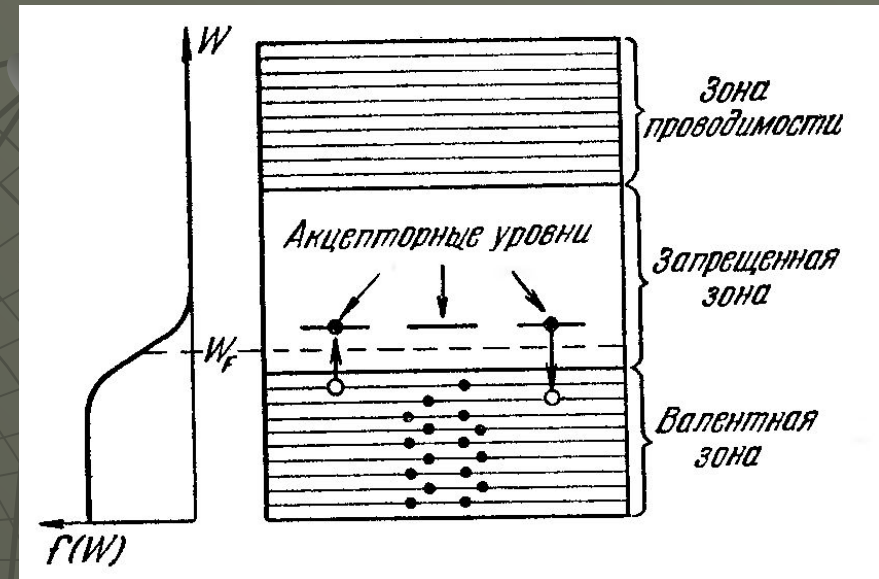
Акцепторные примеси

Для образования нормальных парно-электронных связей с соседями атому, например, индия не достаёт электрона. В результате образуется дырка. Число дырок в кристалле равно числу атомов примеси. Такого рода примеси называют акцепторными (принимающими). При наличии электрического поля дырки перемещаются по полю и возникает дырочная проводимость. Полупроводники с преобладанием дырочной проводимости над электронной называют полупроводниками p-типа

Примесные уровни



Полупроводники n-типа



Полупроводники p-типа

p-n- ПЕРЕХОД

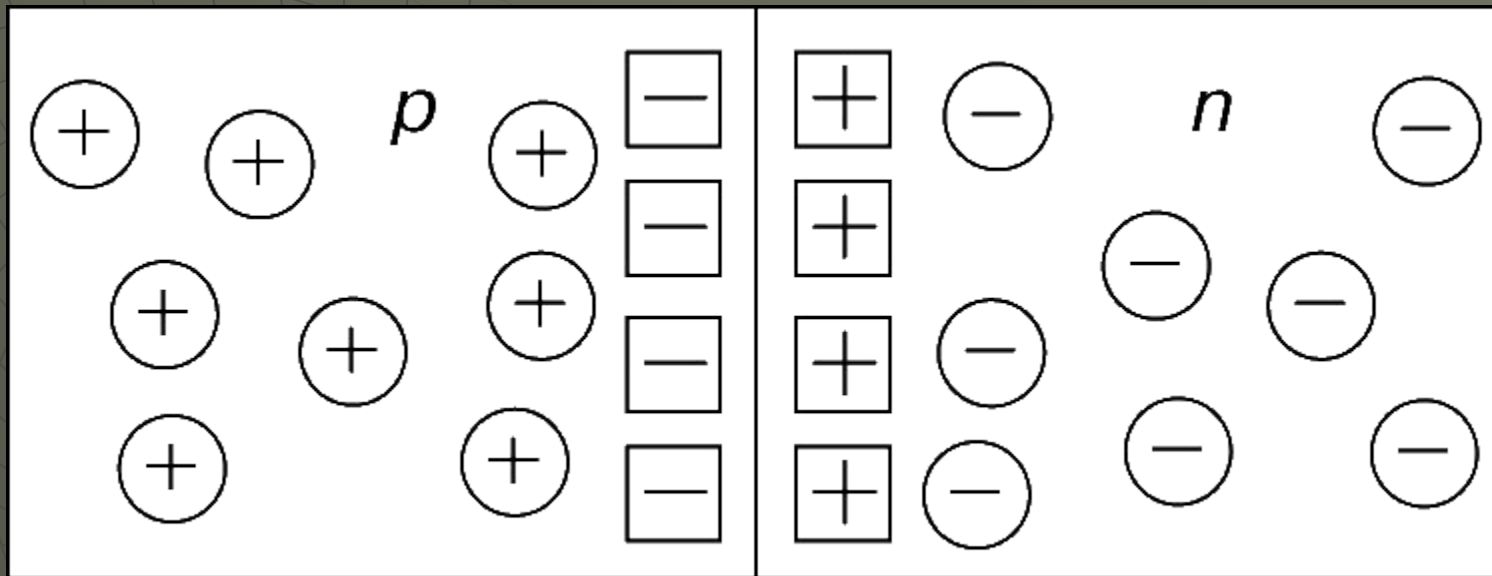
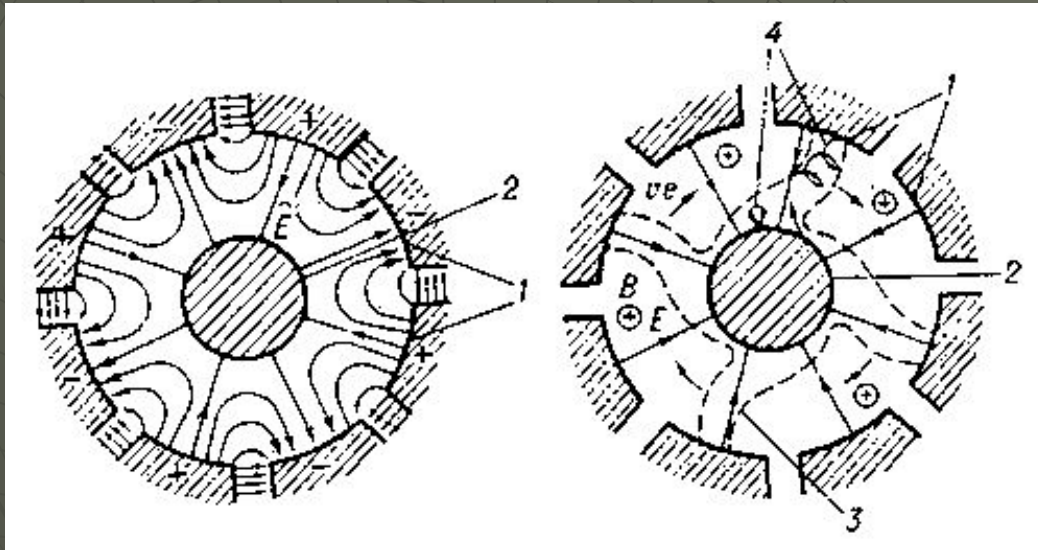


Рис. 1. СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ *p-n*-ПЕРЕХОДА. Это переходная область между полупроводниковыми материалами *p*-типа и *n*-типа. Кружками со знаками изображены подвижные носители заряда: электроны (-) и дырки (+), а квадратами - неподвижные ионы в области перехода.

Сверхвысокочастотные приборы



В лавинно-пролетном диоде при лавинном пробое в обратносмещенном $p-n$ -переходе возникают избыточные носители в области дрейфа, т.е. в области, где носители заряда движутся под влиянием приложенного напряжения. Если размер области дрейфа выбран правильно, то избыточные носители проходят ее на протяжении отрицательного полупериода напряжения переменного тока. Далее ток увеличивается при уменьшении напряжения. При этом существует своего рода отрицательная проводимость, которую можно использовать в объемном резонаторе для генерации СВЧ-колебаний

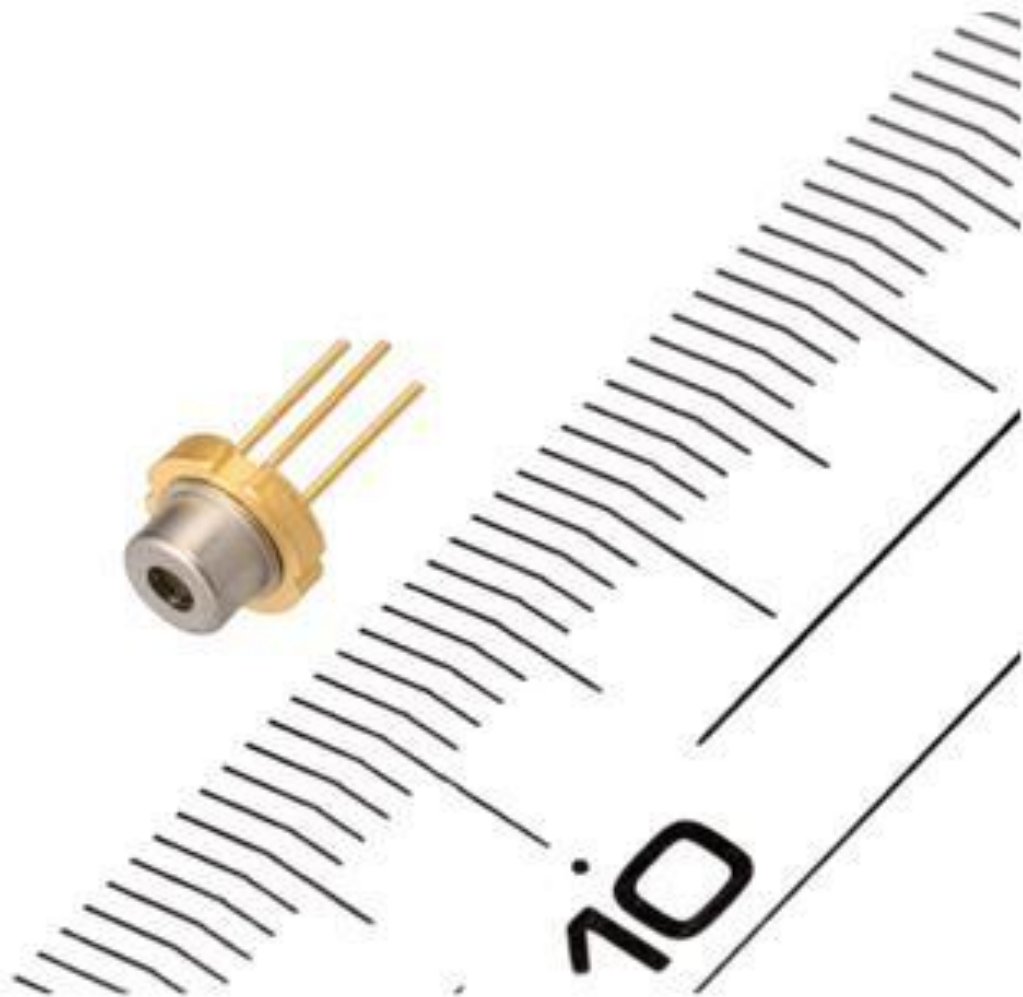
Сверхвысокочастотные приборы

Принцип действия диода Ганна основан на свойстве вызывать замедление электронов в материале при некоторой критической напряженности электрического поля. В соответствии с законом Ома ток при слабых полях пропорционален напряженности поля. Однако при очень сильных полях энергии электронов в полупроводниках (GaAs или InP) возрастают до величин, при которых свобода движения электронов в полупроводниковом кристалле ограничивается. Вследствие их пониженной подвижности при превышении напряженностью электрического поля некоторого критического уровня электроны еще более замедляются. Как и в лавинно-пролетном диоде, здесь возникает некоторая разновидность отрицательной проводимости, которую можно использовать для генерации СВЧ-колебаний

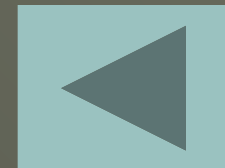
Применение устройств электроники

№	Область применения устройств электроники	Величина установленных мощностей, кВт	Стоимость необходимых к установке устройств электроники, млн. долл.	Стоимость полупроводниковых приборов в составе устройств электроники, млн. долл.
1	Преобразователи для снижения затрат на собственные нужды генерирующих электростанций	$1,2 \cdot 10^7$	1200	400
2	Подстанции для экспорта электроэнергии за рубеж	$1,8 \cdot 10^7$	1 580	546
3	Промышленность в целом	$7,6 \cdot 10^7$	7650	2296
3.1	Топливная промышленность		1 690	505
3.2	Черная металлургия		1 070	321
3.3	Цветная металлургия		1 380	413
3.4	Химия и нефтехимия		918	273
3.5	Машиностроение и металлообработка		1 080	344
4	Связь	$5,0 \cdot 10^6$	3900	1 300
5	Железнодорожный и городской электрический транспорт	$1,0 \cdot 10^7$	490	195
6	Автомобильный транспорт		310	103
7	Жилищно-коммунальное хозяйство	$2,9 \cdot 10^7$	2940	980
7.1	Освещение		2400	800
7.2	Обогрев и бытовая электроника		540	180
	Итого		18100	5820

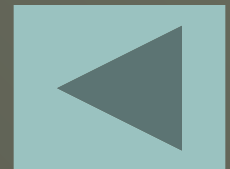
Миниатюрность



High-Power Blue-Violet Laser Diode <GH04P21A2G >

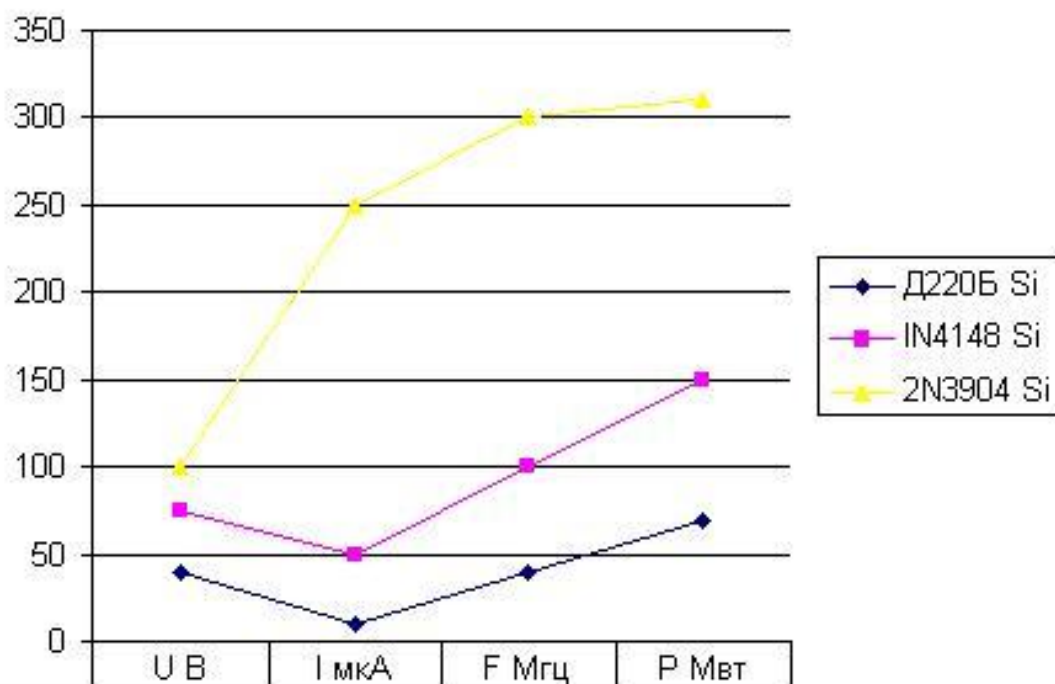


Долговечность



Сравнительная характеристика

Сравнение проводников и полупроводников



	U В	I мкА	F Мгц	P Вт
◆ Д220Б Si	40	10	40	70
■ IN4148 Si	75	50	100	150
▲ 2N3904 Si	100	250	300	310

