

Полупроводников ые диоды

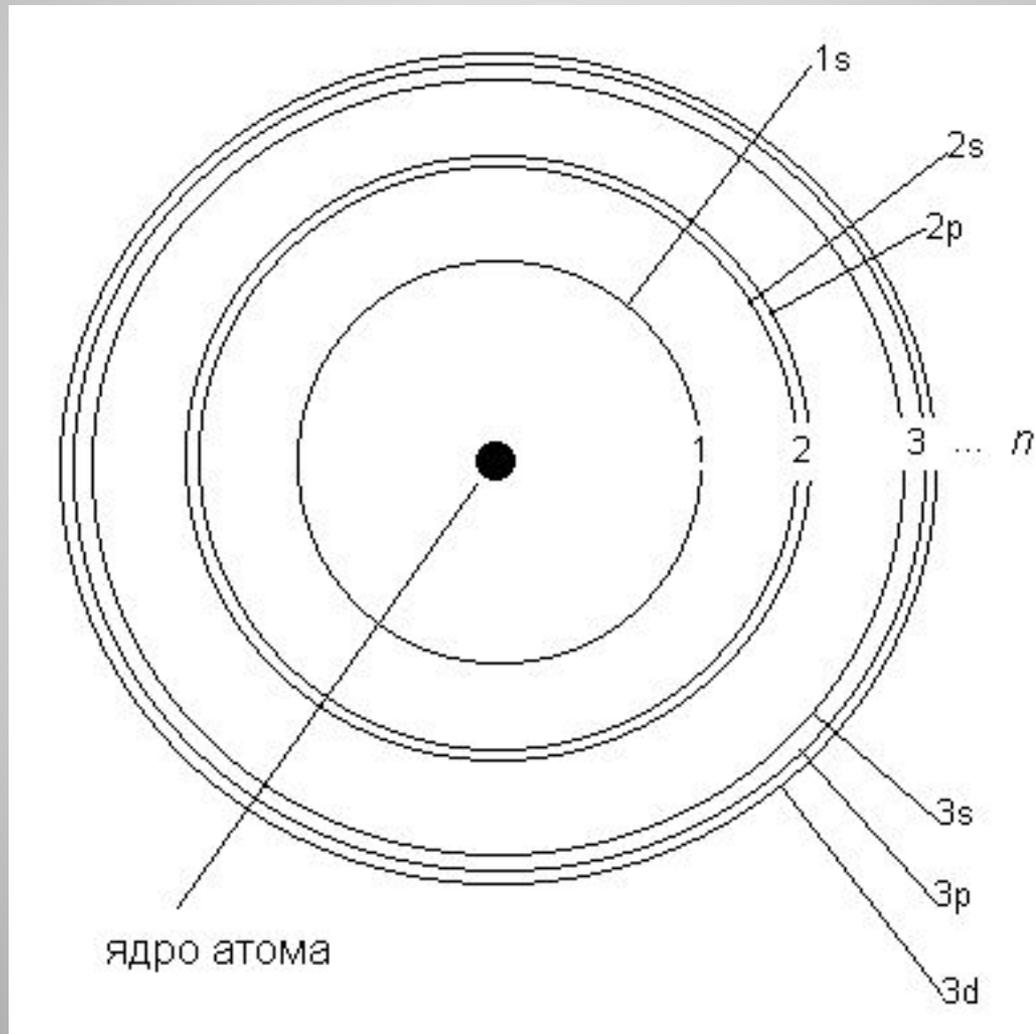
ЭЛЕКТРОНИКА

- Основная литература:
 1. Миловзоров О.В., Панков И.Г.
Электроника: учебник для вузов. – М.:
Высшая школа., 2004. (Главы 1 и 2)

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

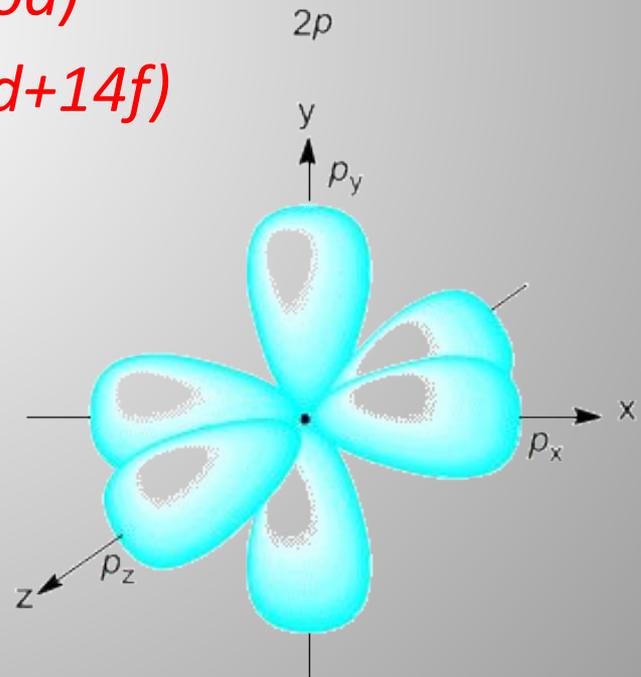
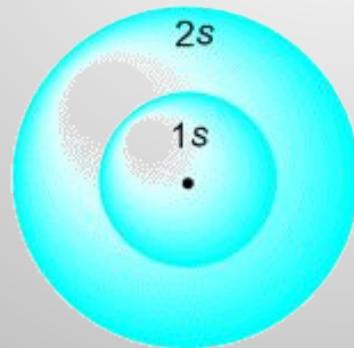
ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В															
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII								
1	1	H 1.0079 Hydrogenium Водород							He 4.0026 Helium Гелий	<p>Символ элемента</p> <p>Относительная атомная масса</p> <p>Порядковый номер</p> <p>Название элемента</p> <p>Распределение электронов на энергетических уровнях</p>							
2	2	Li 6.941 Lithium Литий	Be 9.0122 Beryllium Бериллий	B 10.811 Borium Бор	C 12.011 Carboneum Углерод	N 14.007 Nitrogenium Азот	O 15.999 Oxygenium Кислород	F 18.998 Fluorum Фтор	Ne 20.179 Neon Неон								
3	3	Na 22.99 Natrium Натрий	Mg 24.305 Magnesium Магний	Al 26.982 Aluminium Алюминий	Si 28.086 Silicium Кремний	P 30.974 Phosphorus Фосфор	S 32.066 Sulfur Сера	Cl 35.453 Chlorium Хлор	Ar 39.948 Argon Аргон								
4	4	K 39.098 Kalium Калий	Ca 40,08 Calcium Кальций	Sc 44.956 Scandium Скандий	Ti 47.90 Titanium Титан	V 50.942 Vanadium Ванадий	Cr 51.996 Chromium Хром	Mn 54.938 Manganum Марганец	Fe 55.847 Ferrum Железо		Co 58.933 Cobaltum Кобальт	Ni 58.69 Niccolum Никель					
	5	Cu 63.546 Cuprum Медь	Zn 65.38 Zincum Цинк	Ga 69.72 Gallium Галлий	Ge 72.50 Germanium Германий	As 74.9216 Arsenicum Мышьяк	Se 78.96 Selenium Селен	Br 79.904 Bromum Бром	Kr 83.80 Krypton Криптон								
	6	Rb 85.467 Rubidium Рубидий	Sr 87.62 Strontium Стронций	Y 88.906 Yttrium Иттрий	Zr 91.22 Zirconium Цирконий	Nb 92.906 Niobium Ниобий	Mo 95.94 Molybdaenum Молибден	Tc 98.9062 Technetium Технеций	Ru 101.0 Ruthenium Рутений	Rh 102.9055 Rhodium Родий	Pd 106.4 Palladium Палладий						
	7	Ag 107.87 Argentum Серебро	Cd 112.41 Cadmium Кадмий	In 114.82 Indium Индий	Sn 118.60 Stannum Олово	Sb 121.70 Stibium Сурьма	Te 127.6 Tellurium Теллур	I 126.90 Iodum Иод	Xe 131.29 Xenon Ксенон								
	8	Cs 132.91 Cesium Цезий	Ba 137.33 Barium Барий	La* 138.905 Lanthanum Лантан	Hf 178.4 Hafnium Гафний	Ta 180.647 Tantalum Тантал	W 183.8 Wolframium Вольфрам	Re 186.207 Rhenium Рений	Os 190.2 Osmium Осмий	Ir 192.22 Iridium Иридий	Pt 195.08 Platinum Платина						
	9	Au 196.97 Aurum Золото	Hg 200 Hydrargyrum Ртуть	Tl 204.38 Thallium Таллий	Pb 207.2 Plumbum Свинец	Bi 208.98 Bismuthum Висмут	Po [209] Polonium Полоний	At [210] Astatium Астат	Rn [222] Radon Радон								
	10	Fr [223] Francium Франций	Ra 226,02 Radium Радий	Ac** [227] Actinium Актиний	Rf [261] Rutherfordium Резерфордий	Db [262] Dubnium Дубний	Sg [263] Seaborgium Сиборгий	Bh [265] Bohrium Борий	Hs [265] Hassium Гасий	Mt [266] Meitnerium Мейтнерий	Ds [271] Darmstadtium Дармштадтий						
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		E ₂ O		EO		E ₂ O ₃		EO ₂		E ₂ O ₅		EO ₃		E ₂ O ₇		EO ₄	
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ						EH ₄		EH ₃		H ₂ E		HE					
ЛАНТАНОИДЫ*		Ce 58 Cesium Церий	Pr 59 Praseodymium Прозеродим	Nd 60 Neodymium Неодим	Pm 61 Promethium Прометий	Sm 62 Samarium Самарий	Eu 63 Europium Европий	Gd 64 Gadolinium Гадолиний	Tb 65 Terbium Тербий	Dy 66 Dysprosium Диспрозий	Ho 67 Holmium Гольмий	Er 68 Erbium Эрбий	Tm 69 Thulium Туллий	Yb 70 Ytterbium Иттербий	Lu 71 Lutetium Лютеций		
АКТИНОИДЫ**		Th 90 Thorium Торий	Pa 91 Protactinium Протактиний	U 92 Uranium Уран	Np 93 Neptunium Нептуний	Pu 94 Plutonium Плутоний	Am 95 Americium Америций	Cm 96 Curium Кюрий	Bk 97 Berkelium Берклий	Cf 98 Californium Калифорний	Es 99 Einsteinium Эйнштейний	Fm 100 Fermium Фермий	Md 101 Mendelevium Менделевий	No 102 Nobelium Нобелий	Lr 103 Lawrencium Лоуренсий		

Модель атома Бора

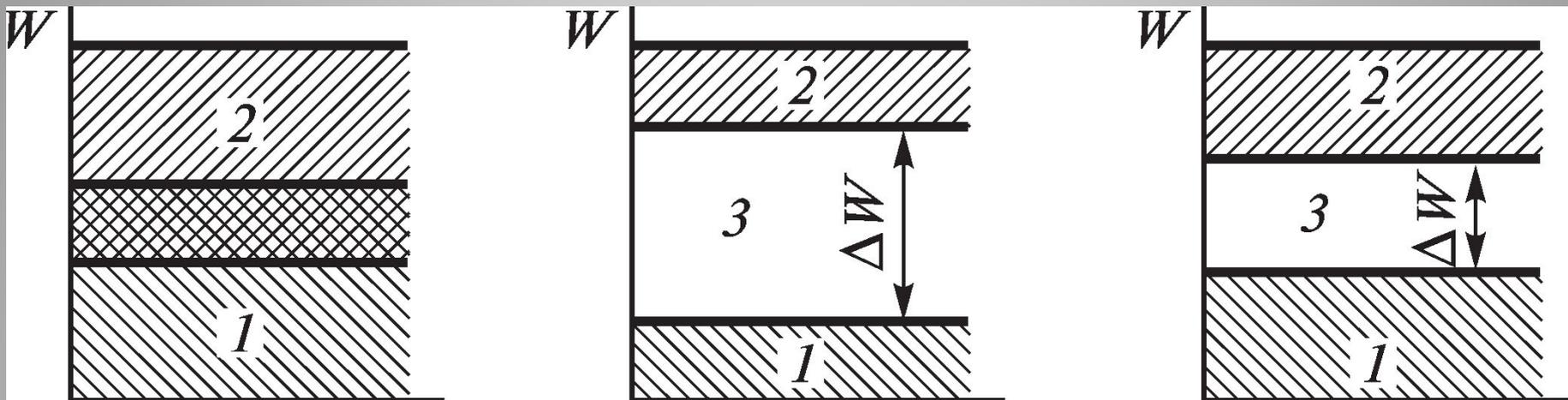


Электронные уровни

- 1 уровень – 2 электрона (s)
- 2 уровень – 8 электронов ($2s+6p$)
- 3 уровень – 18 электронов ($2s+6p+10d$)
- 4 уровень – 32 электрона ($2s+6p+10d+14f$)



Зонная теория веществ



проводник
полупроводник

диэлектрик

$$\Delta W > 3,5 \text{ ЭВ}$$

$$\Delta W = 0,1 \dots 3 \text{ ЭВ}$$

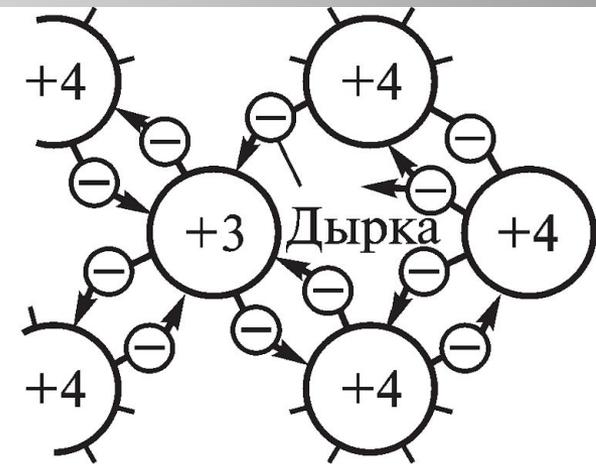
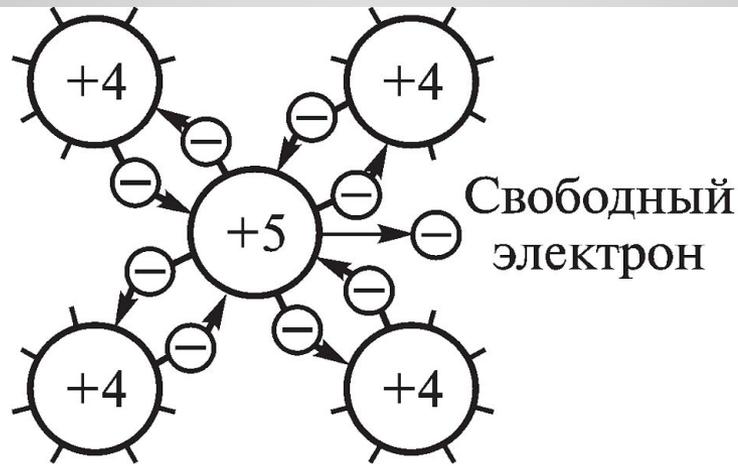
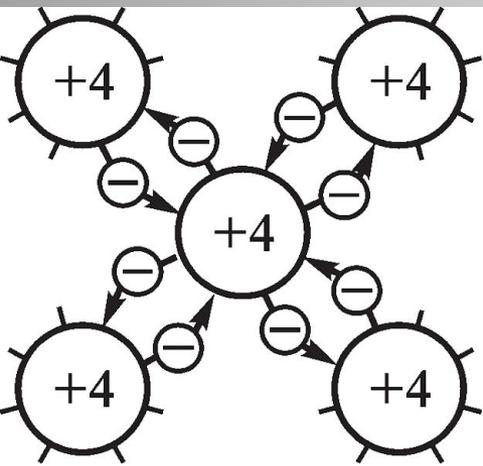
1- валентная зона;

2- зона проводимости;

3 – запрещенная зона.

ΔW – ширина запрещенной зоны

Образование свободных электронов и дырок в кристалле полупроводника



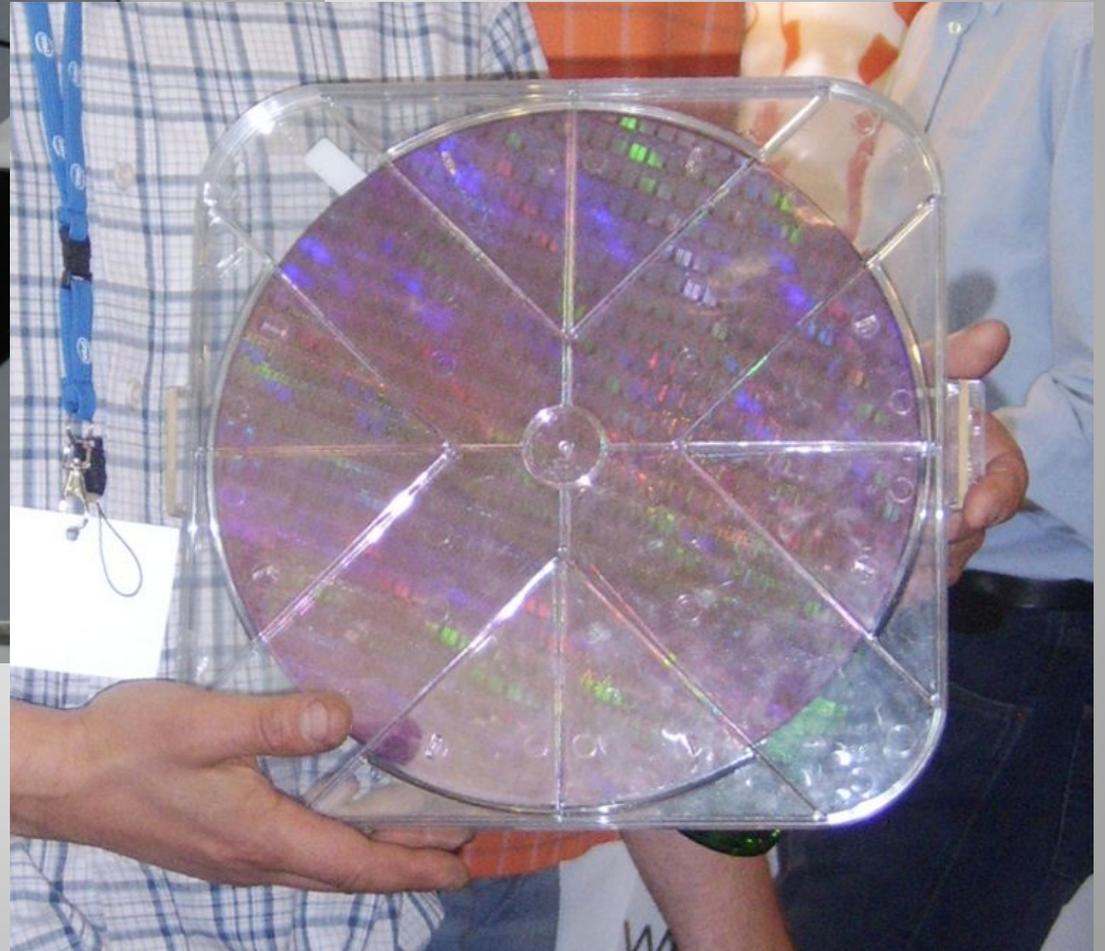
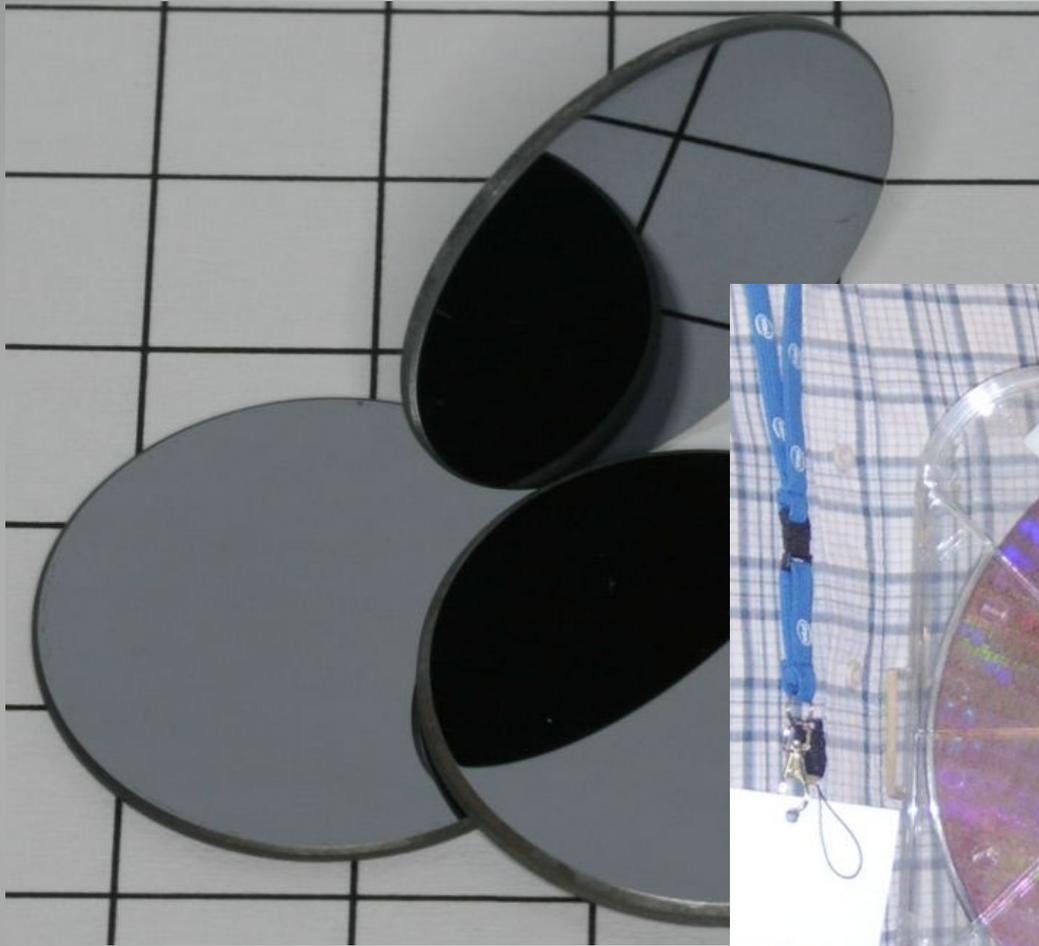
Чистый полу-
проводник

Введение атома
донорной примеси

Введение атома
акцепторной примеси

Донорные примеси – 5-валентные фосфор (P), мышьяк (As), сурьма (Sb)

Акцепторные примеси – 3-валентные бор (B), алюминий (Al), галлий (Ga), индий (In)

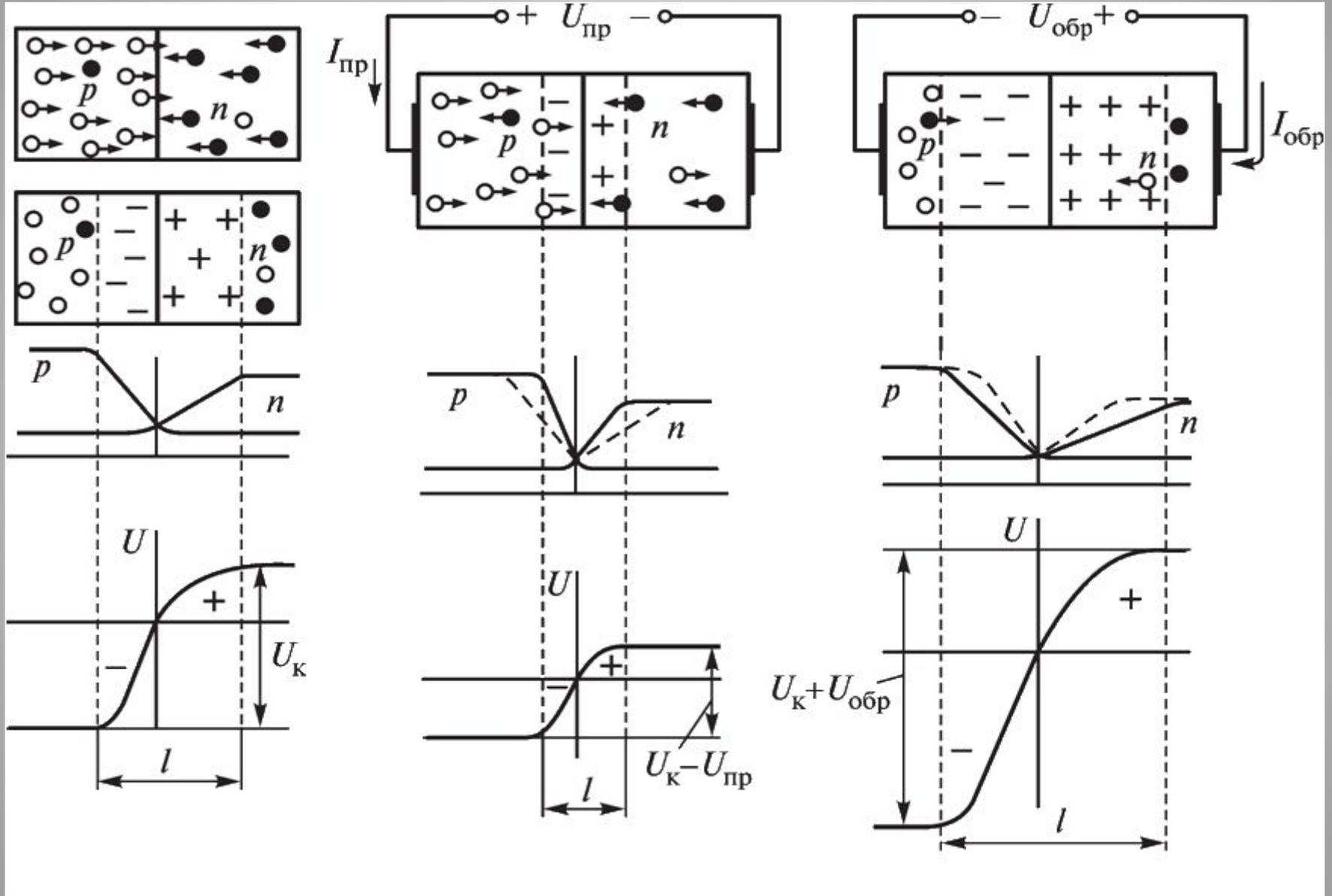


Формирование полупроводников

p и *n* ТИПОВ

- 4-валентный полупроводник + 5-валентная донорная примесь = полупроводник *n*-типа (*n* – negative, отрицательный)
- 4-валентный полупроводник + 3-валентная акцепторная примесь = полупроводник *p*-типа (*p* – positive, положительный)

pn-переход

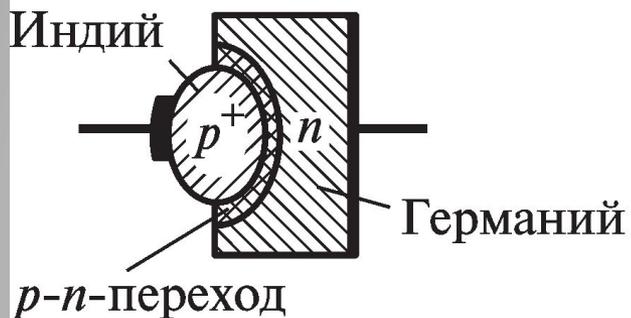


без внешнего напряжения прямосмещенный
 обратносмещенный

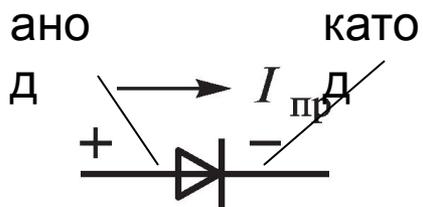
Способы формирования *pn*- переходов

- Сплавление
- Эпитаксиальное наращивание
- Ионное легирование

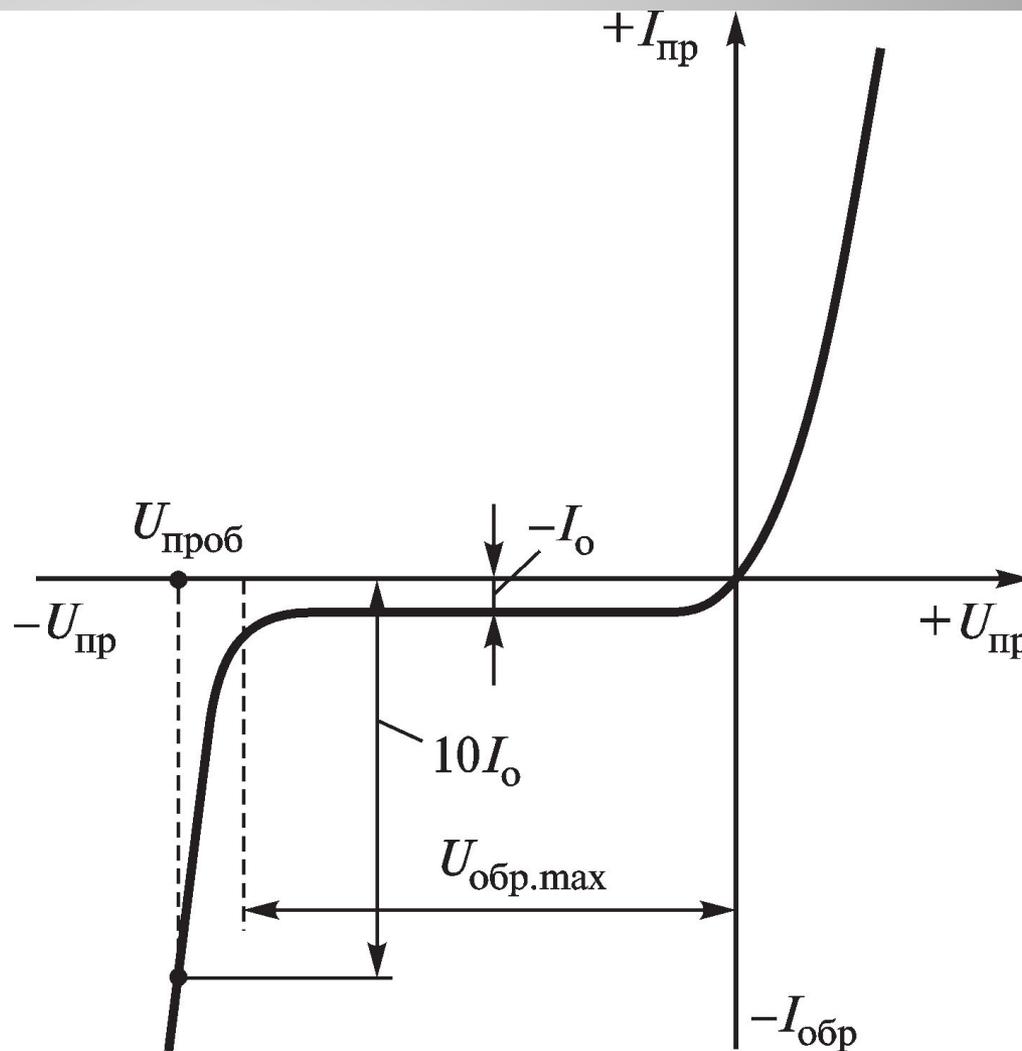
Диод и его характеристика



Сплавной диод



обозначение диода



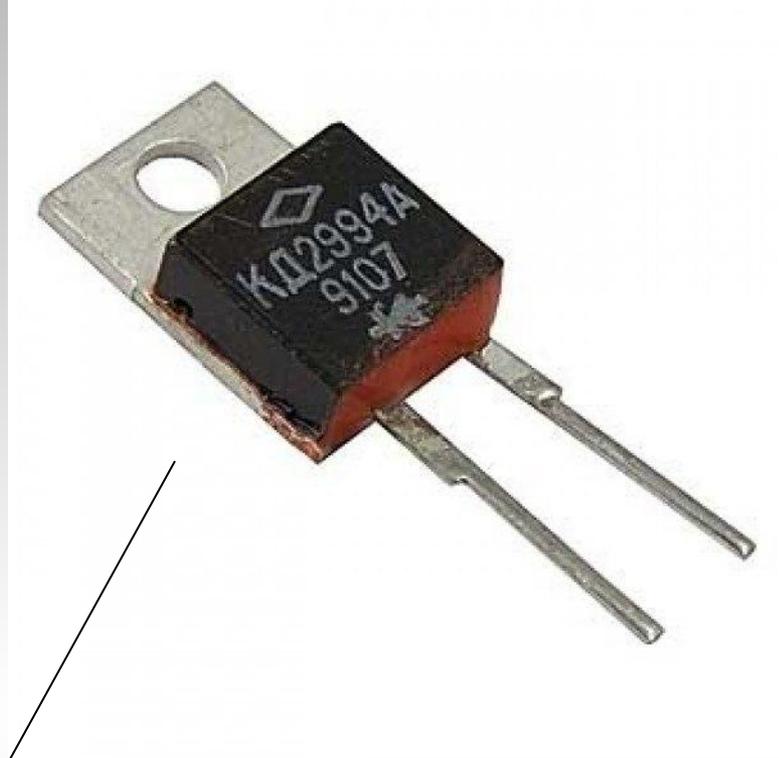
Вольт-амперная характеристика

Выпрямительные диоды

- допустимое обратное напряжение $U_{\text{обр}}$, которое диод может выдержать в течение длительного времени без нарушения работоспособности;
- средний прямой ток $I_{\text{пр ср}}$ — наибольшее допустимое значение постоянного тока, протекающего длительно в прямом направлении;
- максимально допустимый импульсный прямой ток $I_{\text{пр}}$ при указанной в паспорте наибольшей длительности импульса;
- средний обратный ток $I_{\text{обр ср}}$ — среднее за период значение обратного тока;
- среднее прямое напряжение $U_{\text{пр ср}}$ — падение напряжения на открытом диоде;
- средняя рассеиваемая мощность $P_{\text{срд}}$ — средняя за период мощность, выделяющаяся в диоде при выпрямлении переменного тока;
- дифференциальное сопротивление $r_{\text{диф}} = U_{\text{пр ср}} / I_{\text{пр ср}}$.



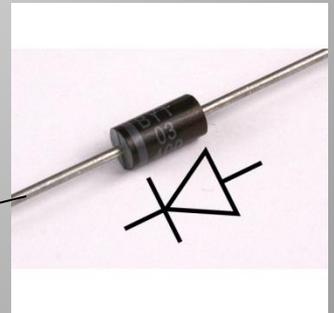
ZiP-2002.ru



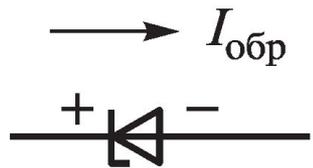
СИЛОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ

диод средней мощности

маломощный диод



Стабилитроны



Обозначение

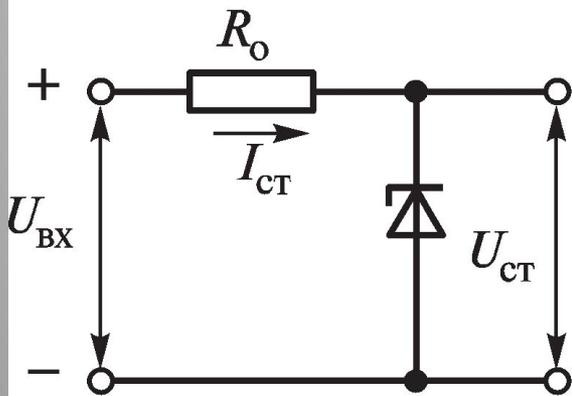
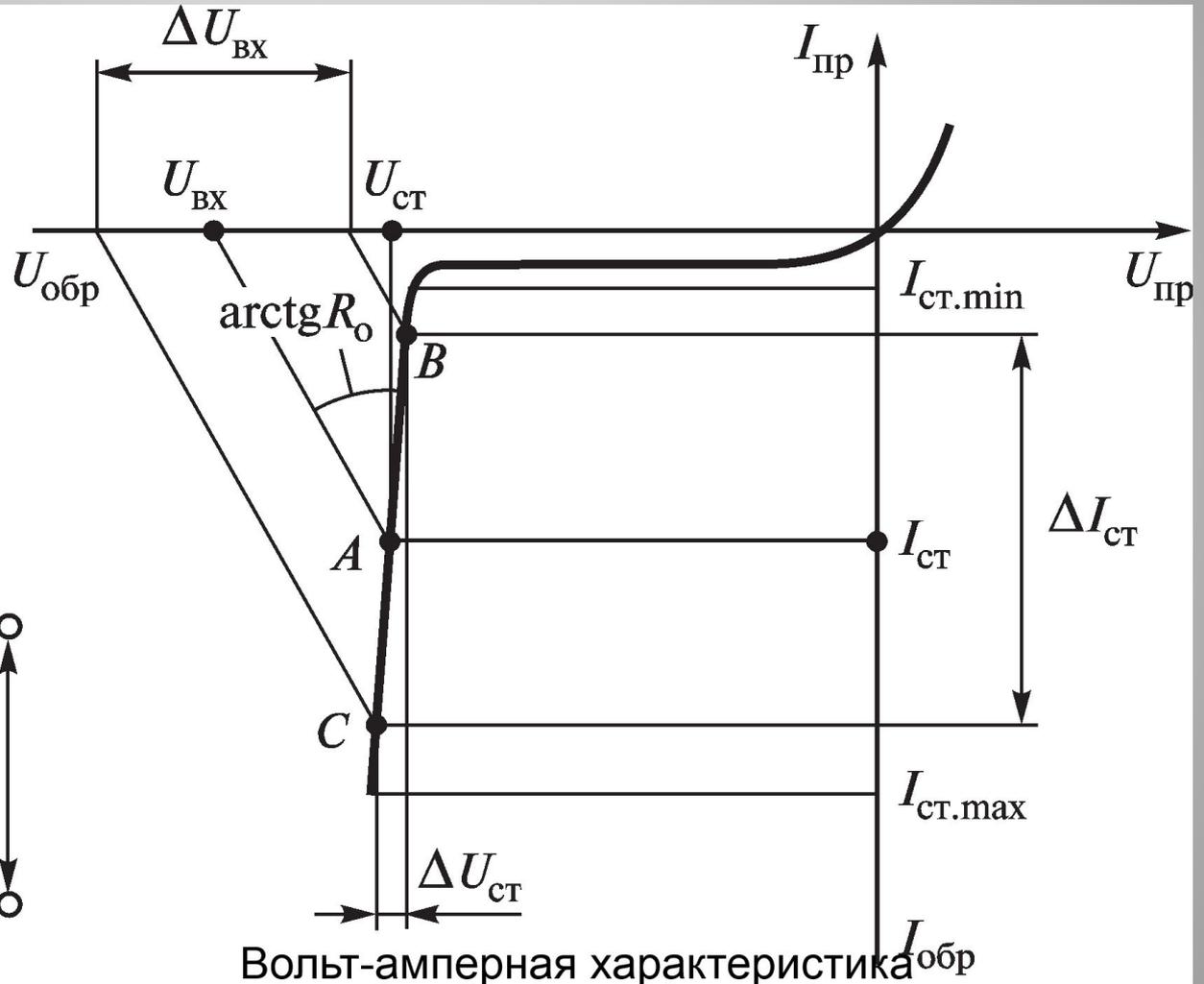
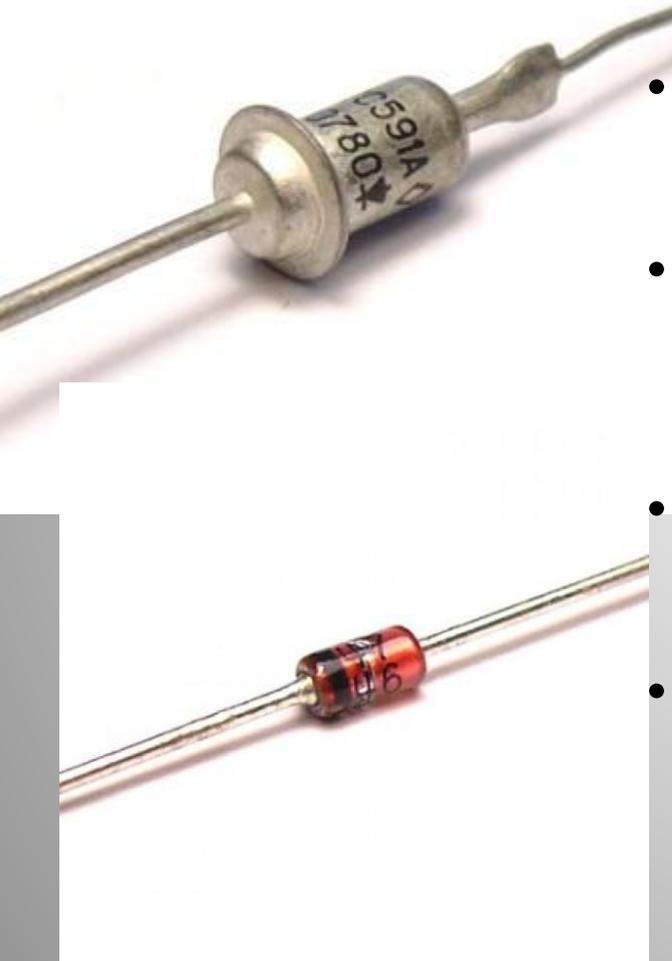


Схема включения

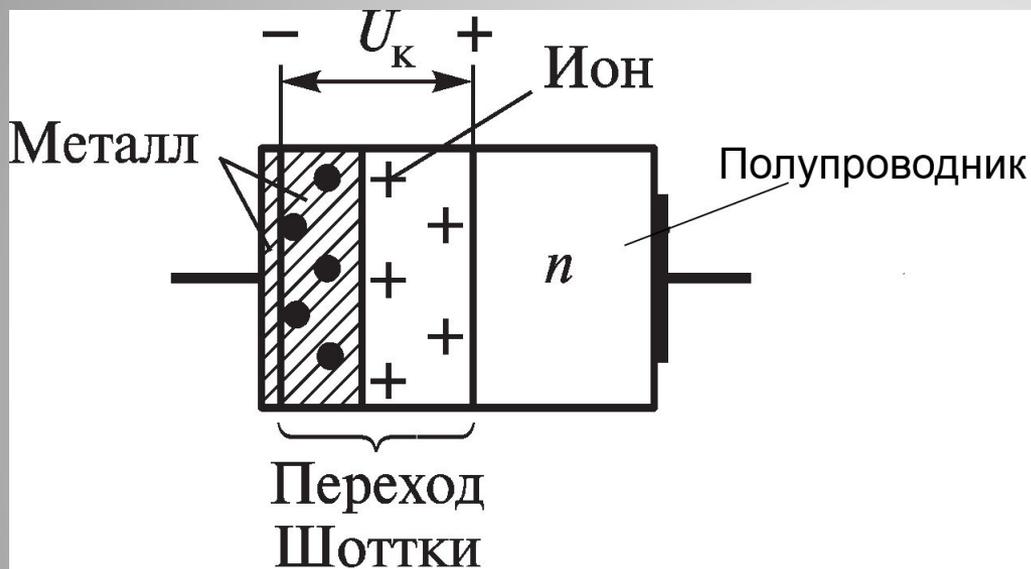


Параметры стабилитрона



- напряжение стабилизации $U_{\text{СТ}}$;
- дифференциальное сопротивление $r_{\text{диф}} = \Delta U_{\text{СТ}} / \Delta I_{\text{СТ}}$
- минимальный ток стабилизации $I_{\text{СТ min}}$, при котором наступает устойчивый электрический пробой p - n -перехода;
- максимальный ток стабилизации $I_{\text{СТ max}}$, при котором мощность, рассеиваемая на стабилитроне, не превышает допустимого значения;
- максимальная мощность рассеяния P_{max} , при которой еще не наступает тепловой пробой p - n -перехода;
- температурный коэффициент стабилизации $\alpha_{\text{СТ}}$ — отношение относительного изменения напряжения стабилизации к абсолютному изменению температуры окружающей среды (выражается в %/град): $\alpha_{\text{СТ}} = \Delta U_{\text{СТ}} / (U_{\text{СТ}} T)$.

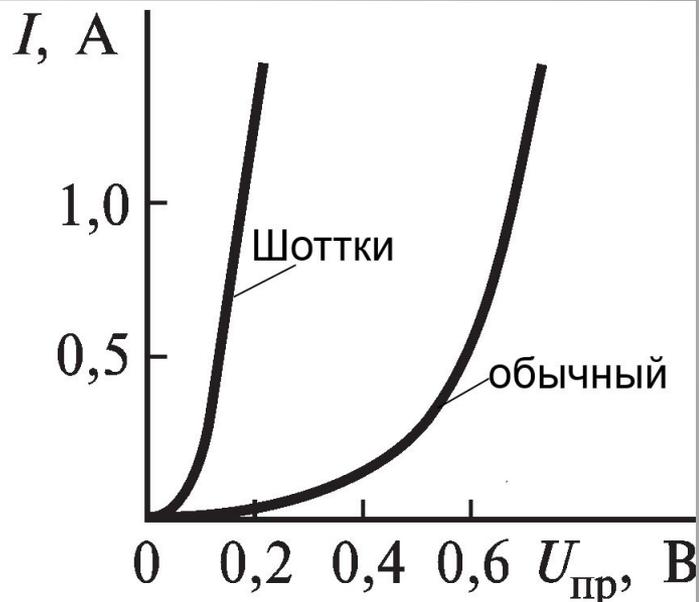
Диоды Шоттки



Структура диода

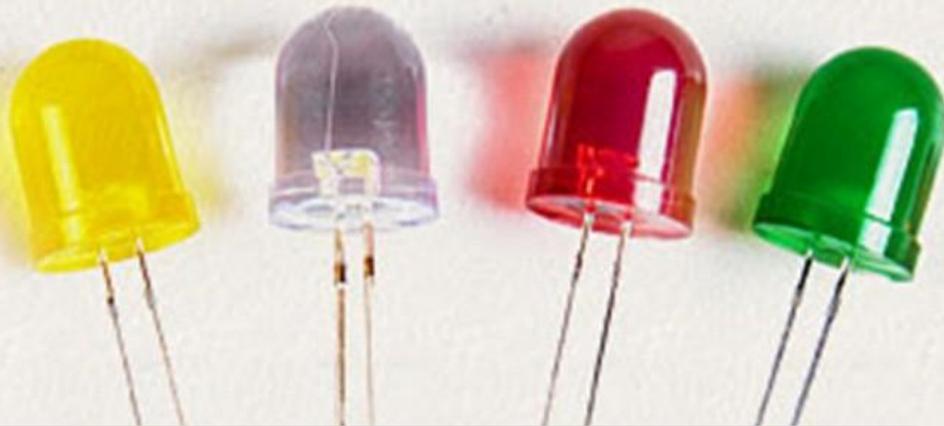


Обозначение



ВАХ обычного диода и диода Шоттки

Светодиоды



Инжекционная

электролюминесценция:

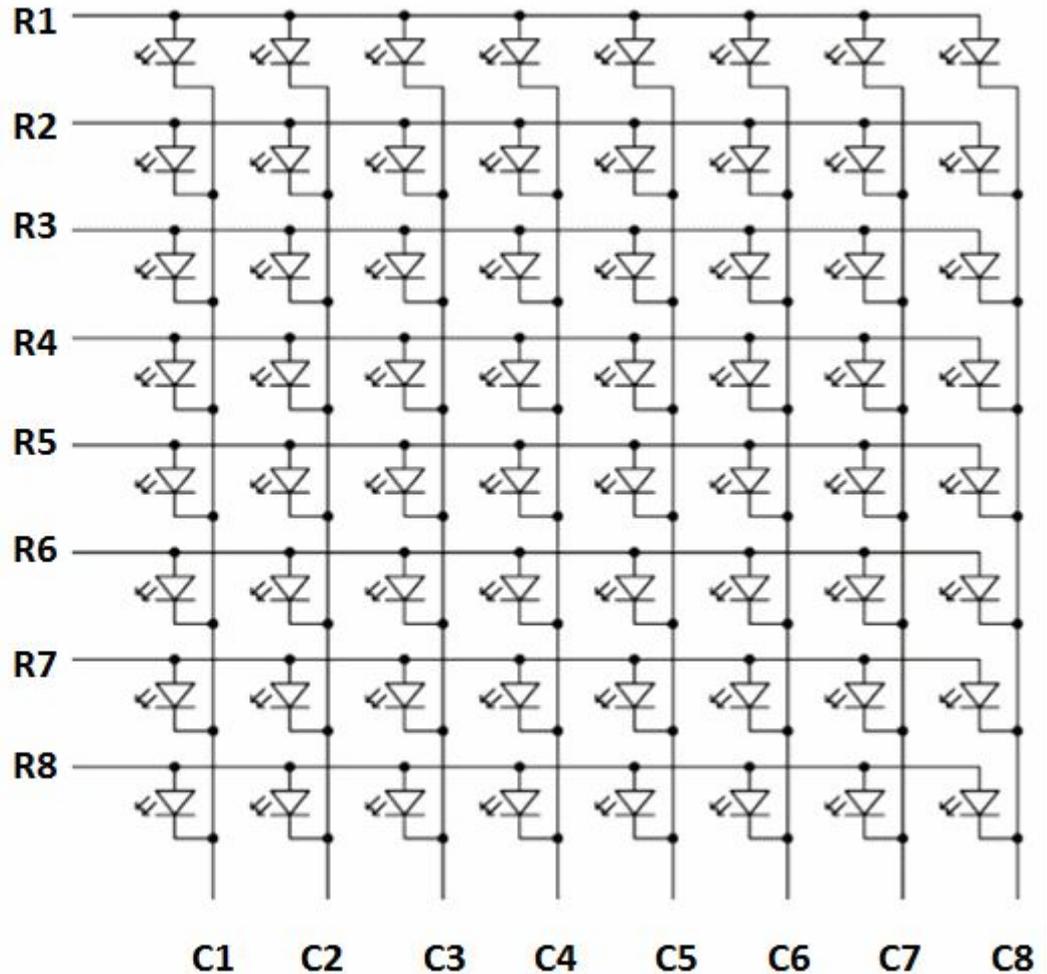
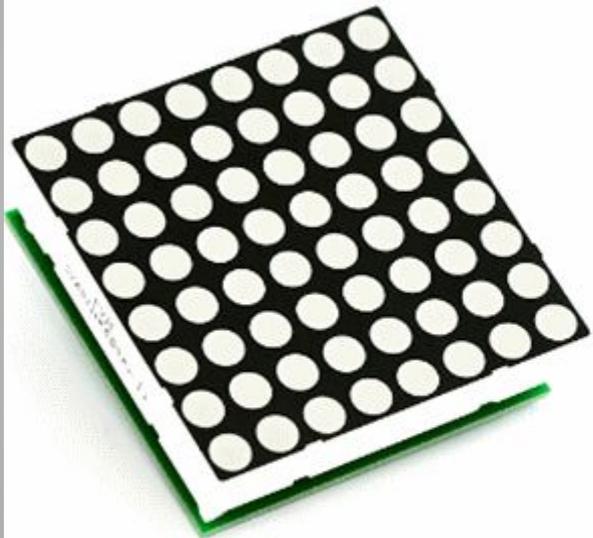
$$\lambda = 1,23 (W_2 - W_1)$$

W_2 – метастабильный уровень энергии

W_1 – исходный уровень энергии



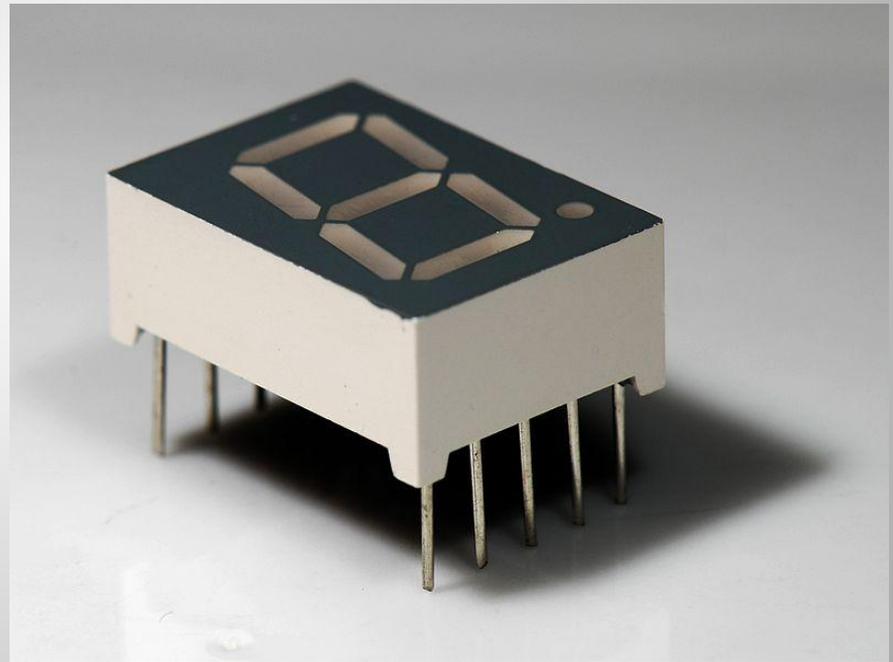
Матричный светодиодный индикатор



Статические и динамические матричные индикаторы

- Статические - для каждого светодиода – пикселя свой собственный формирователь тока
- Динамические – в каждый отдельный момент зажигаются только элементы отдельной строки. За счет инерционности человеческого зрения в течение одного кадра элементы всех строк сливаются в единое изображение

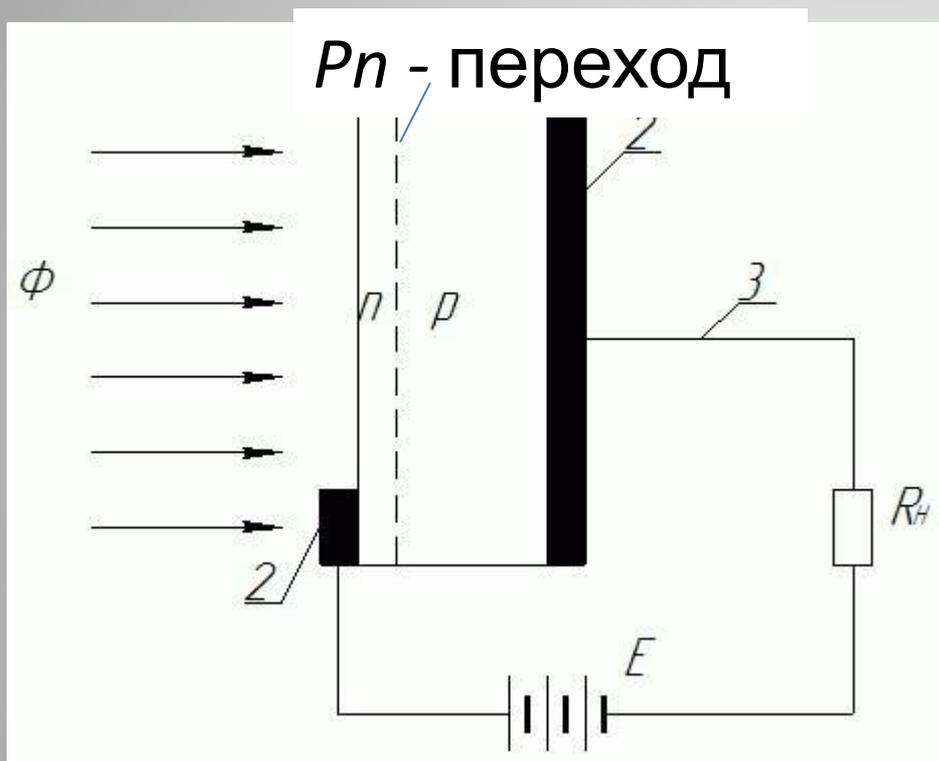
Семисегментные индикаторы



Формирование белого света в фотодиодных лампах

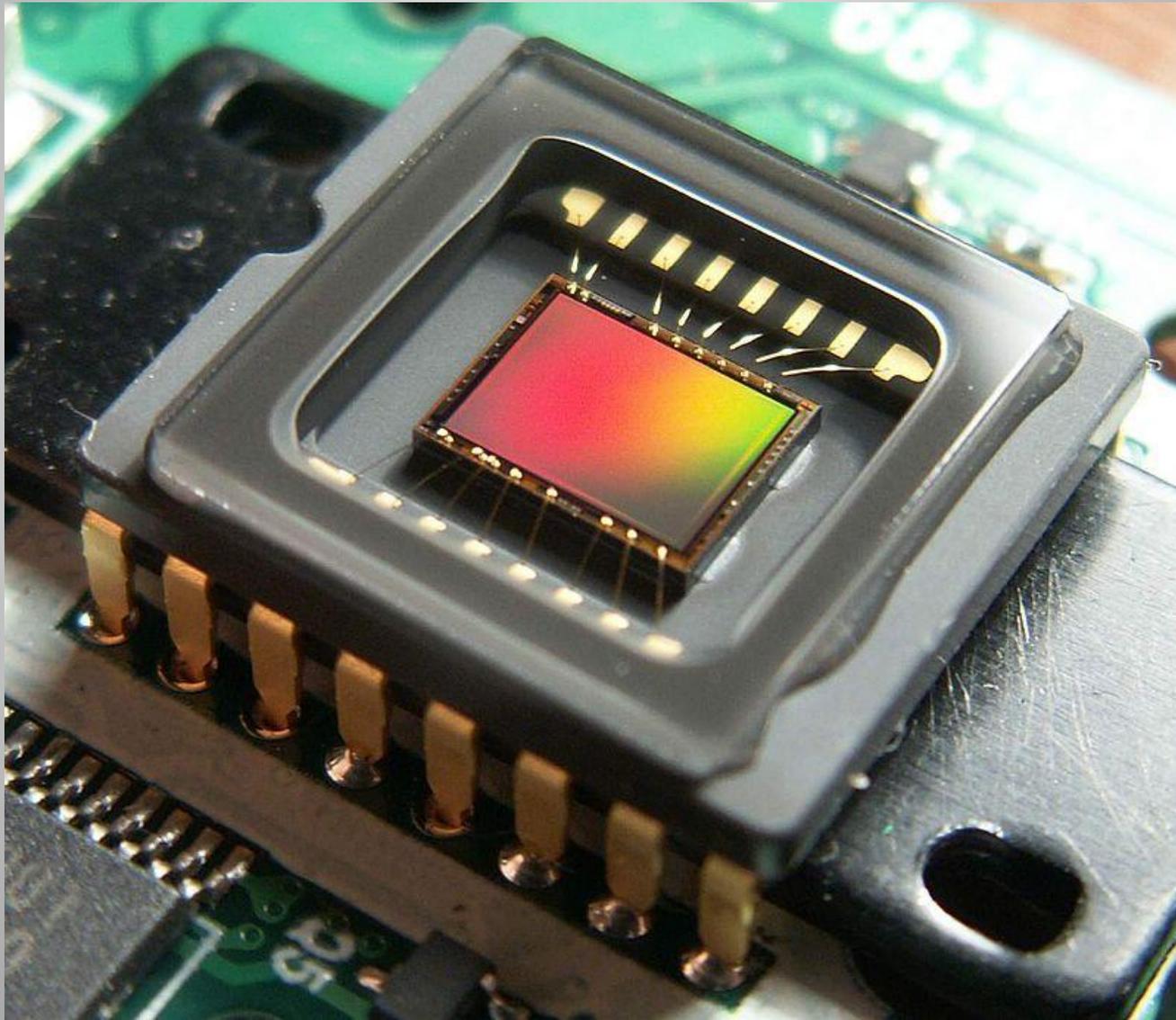
- RGB-формирование. Наличие в лампе линеек светодиодов красного, зеленого и синего свечения;
- Люминофорное формирование. Использование светодиодов ультрафиолетового диапазона, облучающих люминофорные слои – красного, зеленого и синего свечений с последующим смешением

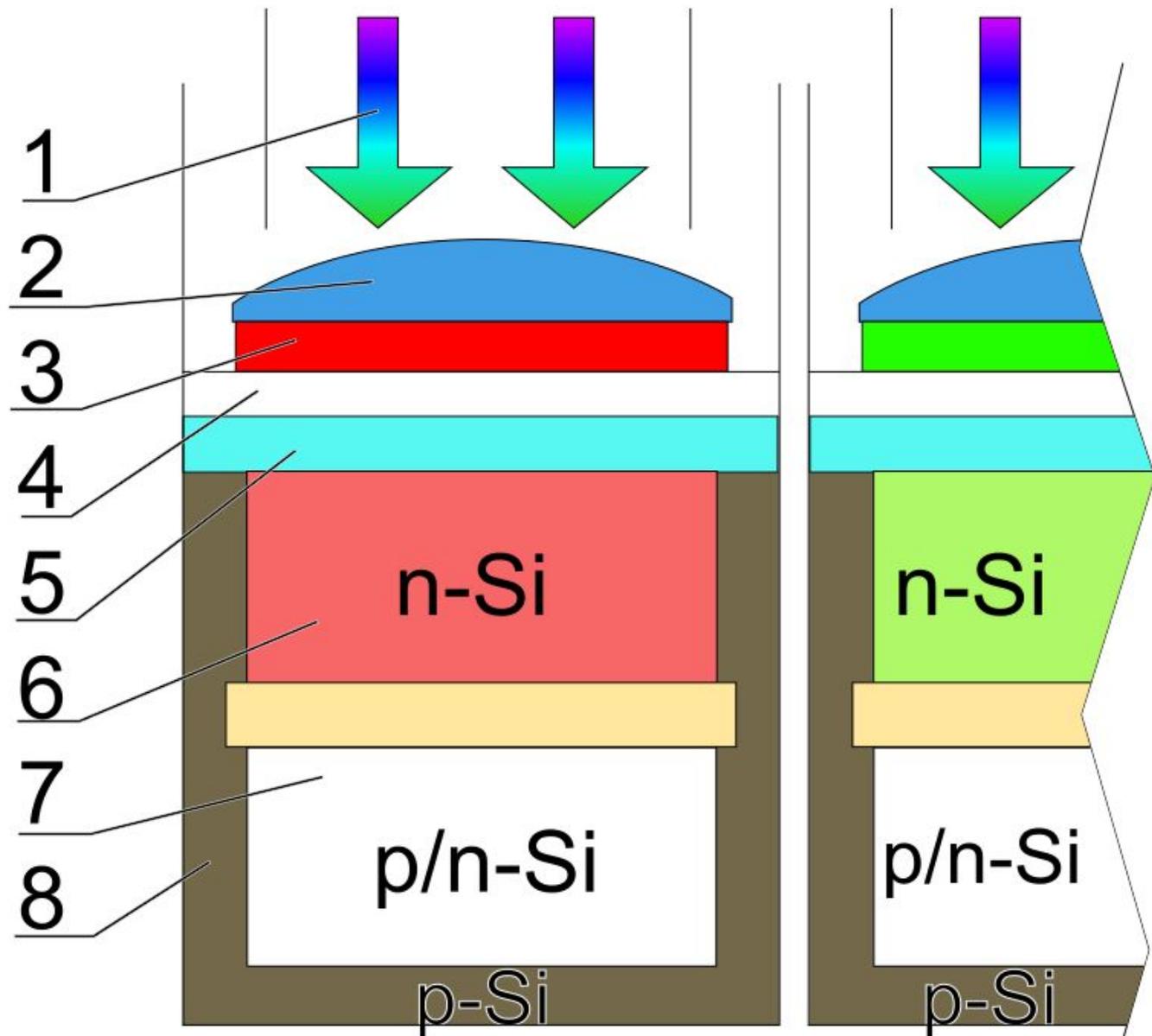
ФОТОДИОДЫ



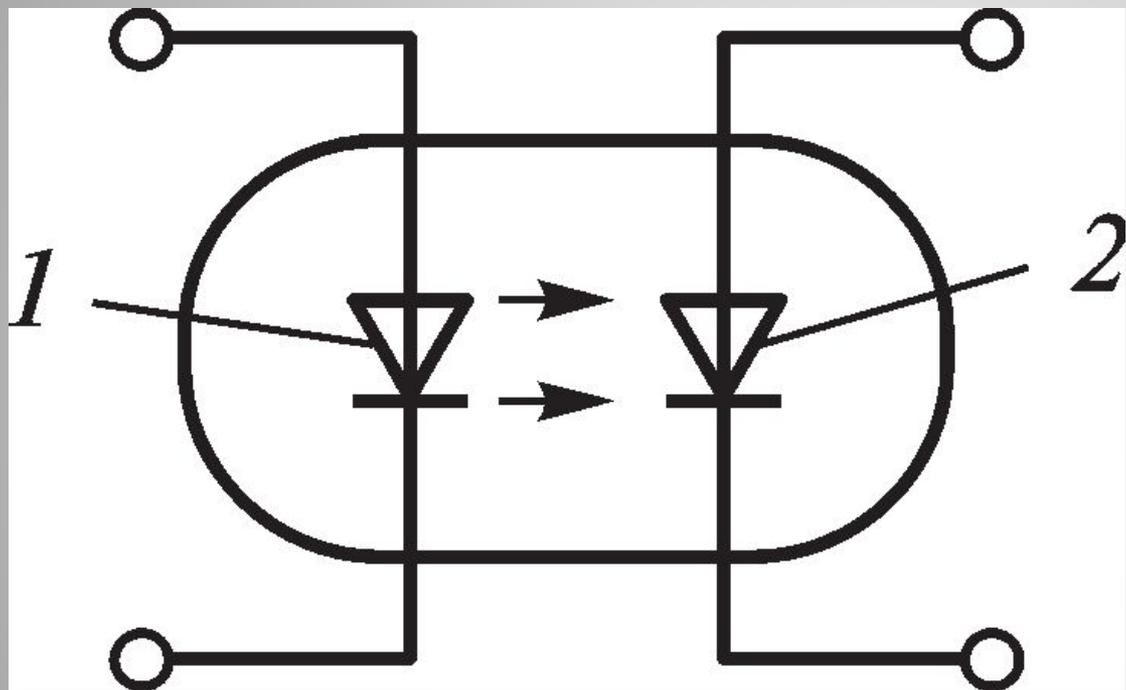
- 1 – кристалл *p*-полупроводник а;
- 2 - контакты

ПЗС-матрица





ОПТРОНЫ



- 1 – светодиод
- 2 – фотодиод