

Полупроводникови елементи. PN-преход. Диоди



*“Най-благородното удоволствие е
радостта от разбирането.”*

Леонардо да Винчи

Физика на полупроводниците

Цел разглеждането :

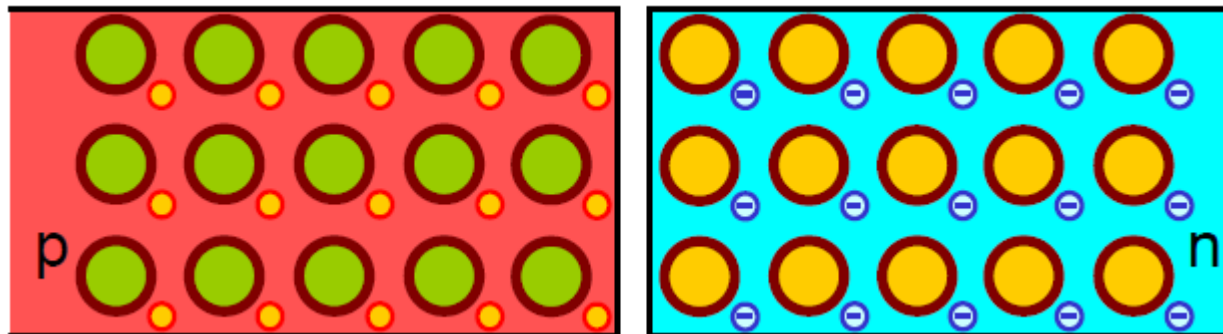
Да може да отговаряте на тези или подобни въпроси:

- ☐ Какво е PN-преход, диод, транзистор;
- ☐ Какви видове диоди и транзистори има;
- ☐ Какви са основните им характеристики;
- ☐ Какви са общите принципи в работата на елементите;
- ☐ Има ли разлики, в какво се състоят?

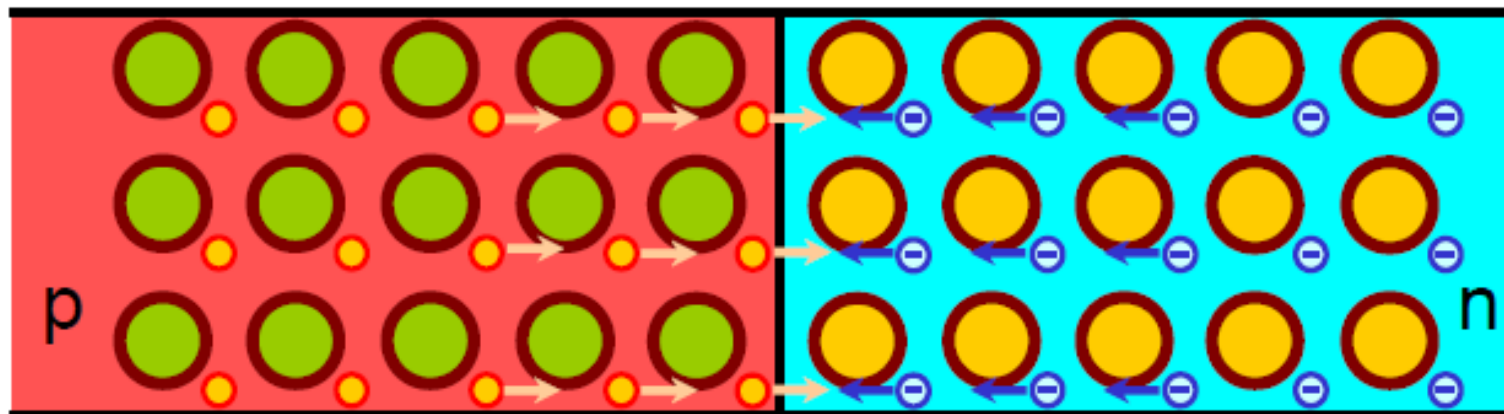


PN-преход

- ❑ За да се получи такъв преход, двата типа полупроводници трябва да се доближат на междоатомно разстояние.
- ❑ В **N**-тип ПП има по един **електрон** до всеки атом на **Phosphor**
- ❑ В **P**-тип ПП има по една **дупка** до всеки атом на **Bor**



PN-преход



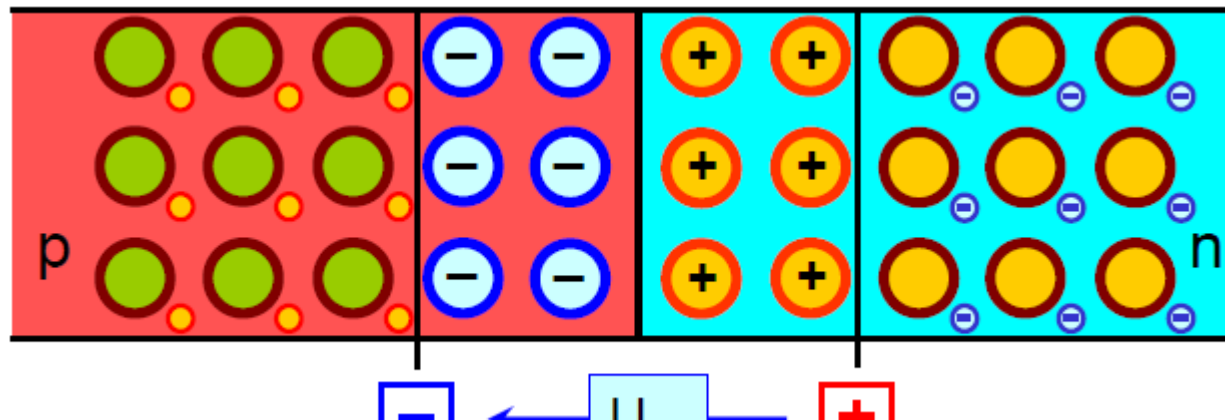
- В следствие на дифузията на основните токоносители(електрони и дупки) и рекомбинирането им, в близост до pn-прехода няма свободни токоносители

 зона на обемен заряд

- В n- и p-областите остават некомпенсирани, положително и отрицателно заредени ядра.

PN-преход

- Некомпенсираните заряди отблъскват съответните основни токоносители
- Получава се електрическо поле (напрежение U_D), което пречи на понататъшното придвижване на основните токоносители



PN-преход

- ❑ Поради тази причина зоната на обемен заряд се нарича още спиращ слой или обеднена зона.
- ❑ Тъй като в нея няма токоносители, съпротивлението на зоната е много голямо.
- ❑ В реалния случай р- и n- областите са с различна концентрация на примесите.
- От това зависи как ще изглежда зоната на прехода.



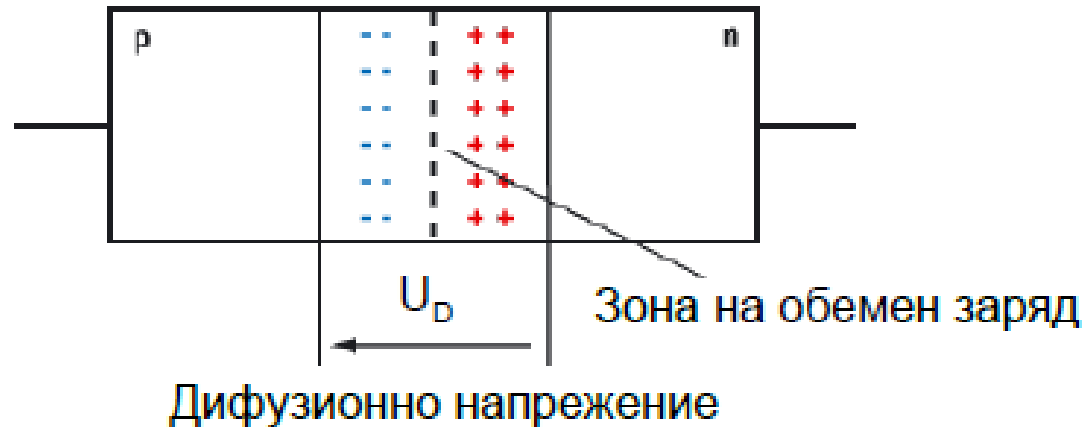
Диоди

- Ако от областите на PN-прехода се изведат електроди, получава се диод.



Символно означение

- Електродът от p-областта се нарича **анод(A)**;
- Електродът от n-областта се нарича **катод(K)**.



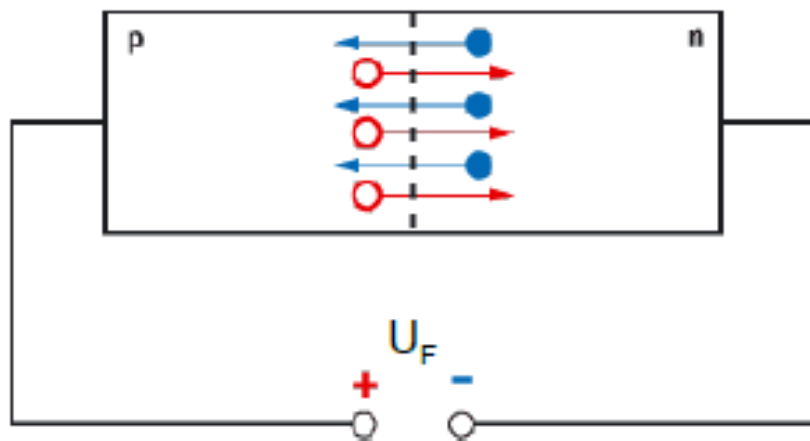
Диод

- ❑ В зависимост от това как се подава външно напрежение към изводите на диода са възможни два варианта:
- ❑ Свързване в права посока-когато на **анода** се подаде **плюса** на източника на напрежение, а на **катода** - **минуса**.
- ❑ Свързване в обратна посока (инверсно свързване) - когато на **анода** се подаде **минуса** на източника на напрежение, а на катода - **плюса**.



Диод. Свързване в права посока

- ❑ Приложеното външно напрежение U_F има обратна посока на дифузионното напрежение U_D
- ❑ При увеличаване на външното напрежение:
 - Зоната на обемен заряд намалява;
 - Все повече основни токоносители (електрони и дупки) могат да преминават през прехода;



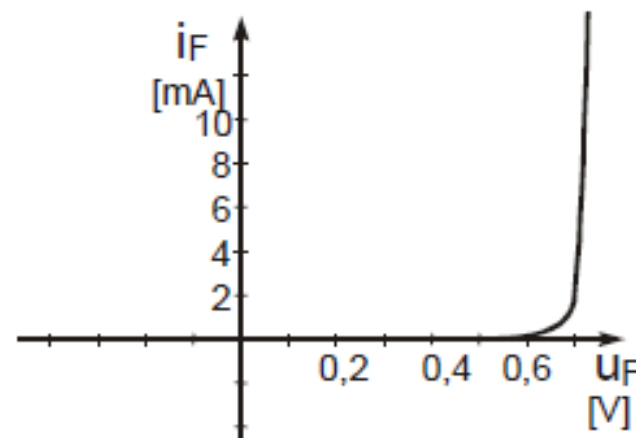
Диод. V-A характеристика

- Токът през диода в права посока I_F ще нараства експоненциално, тъй като се описва с уравнението:

$$I_F = I_S \cdot \left(e^{\frac{U_F}{U_T}} - 1 \right) \approx I_S \cdot e^{\frac{U_F}{U_T}}, \text{ при } U_F > 0,1 \text{ V}$$

$$U_T = \frac{k \cdot T}{q} = 26 \text{ mV}, \text{ при } T = 300 \text{ K}$$

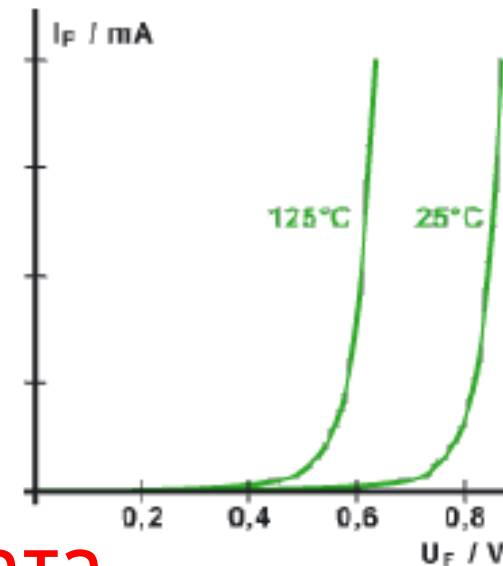
I_S – ток на насищане



При големи токове

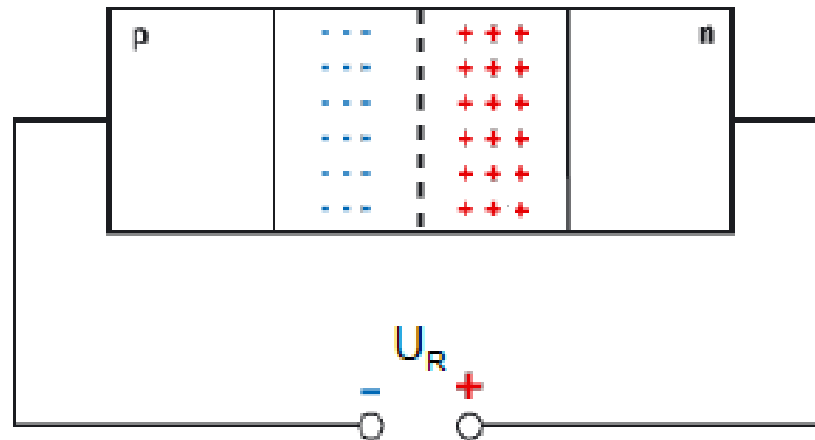
Диод. Температурна зависимост

- ❑ Токът през диода в права посока I_F ще нараства експоненциално, тъй като се описва с уравнението:
- ❑ Зависимостта $\frac{dU_F}{dT} \approx -2 \frac{\text{mV}}{\text{K}}$ е линейна:
- ❑ Тя се използва за измерване на температури в интервала от -20° до $+100^\circ$.
- При постоянен ток през диода **напрежението** върху диода е **правопропорционално на температурата**.



Диод. Свързване в обратна посока

- ❑ Приложеното външно напрежение U_R съвпада по посока с дифузионното напрежение U_D
- ❑ При увеличаване на външното напрежение:
 - Зоната на обемен заряд се разширява;
 - През прехода не могат да преминават основни токоносители(електрони и дупки);



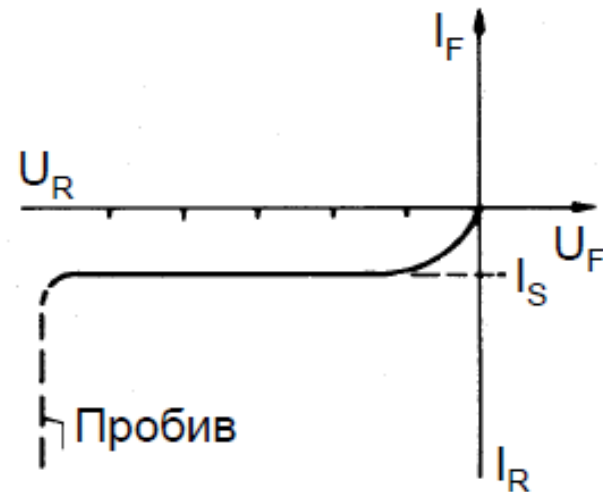
Диод. V-A характеристика (обратно свързване)

- Токът през диода в обратна посока I_R остава постоянен:

$$I_R = I_S \cdot \left(\frac{1}{e^{\frac{U_R}{U_T}}} - 1 \right) \approx -I_S, \text{ при } U_R \gg U_T$$

- Токът на насищане I_S е силно зависим от температурата, тъй като е резултат от генериране на основни токоносители в зоната на обемен заряд

➤ Остава **постоянен**, понеже зоната расте



Диод. V-A характеристика (обратно свързване)

- ❑ При високи инверсни напрежения се достига до пробив, тъй като поради силното електрическо поле електрони лавинообразно напускат валентната зона.
- ❑ Напрежението на пробив е максимално допустимото напрежение при инверсно свързване.
- ❑ Напреженията на пробив са в граници от V до kV.
 - Отделената мощност е голяма дажеи при малки токове, което води до **разрушаване** на PN-прехода!



Диод. Температурна зависимост (обратно свързване)

- ❑ При по-висока температура токоносителите се сблъскват по-често и се намалява подвижността им.
- ❑ Но при тази висока температура се генерират нови токоносители, което повишава проводимостта.
- ❑ Повишаването на проводимостта води до **по-голям обратен ток** на насищане.
- ❑ Токът на насищане нараства **почти експоненциално** с повишаване на температурата.

