

## 4.3.4 Polovodičová dioda

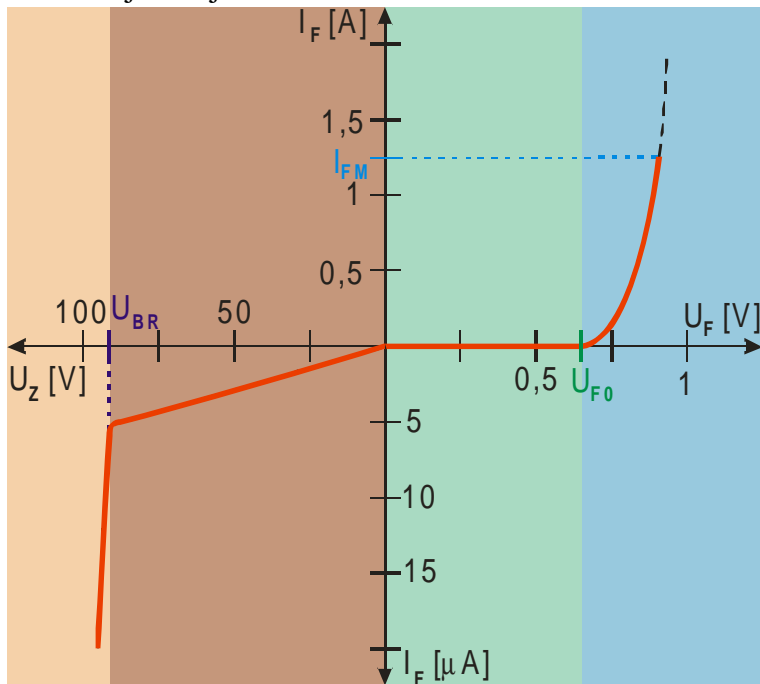
**Předpoklady:** 4301, 4302, 4303

Značka diody:



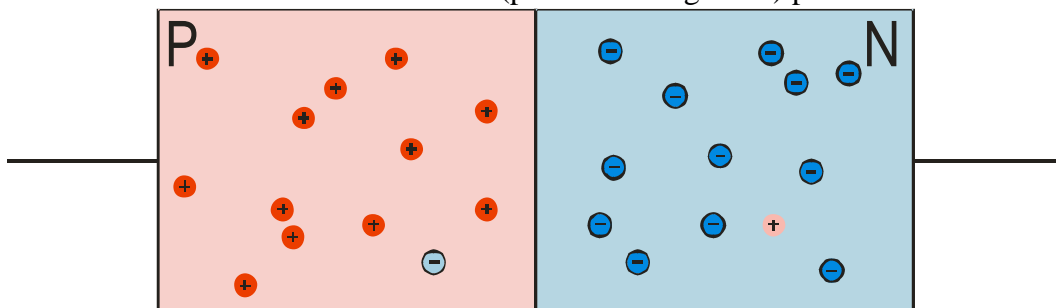
Základní vlastnost diody - vede proud jenom jedním směrem.

Podrobnější údaje - VA charakteristika



Nevíme, proč se dioda takto chová ani, jak je udělaná uvnitř.

Zkusíme dát vedle sebe kus **P** a kus **N** (pozitivní a negativní) polovodiče.



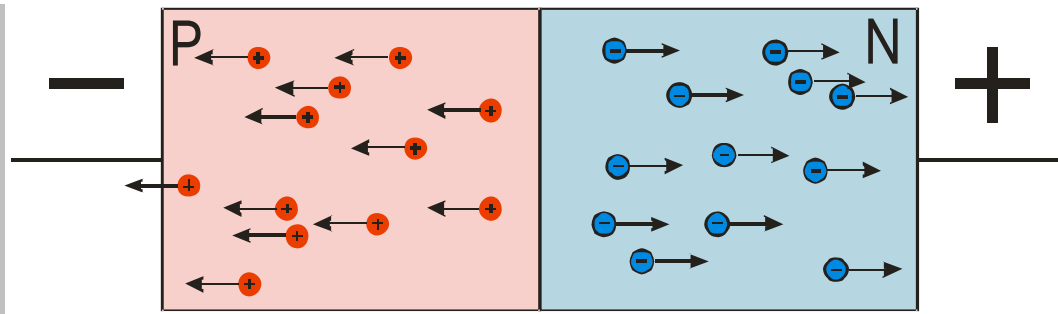
Součástka má dva vývody:

- anoda (vývod spojený k polovodičem **P**)
- katoda (vývod spojený s polovodičem **N**)

Oblast, kde se setkávají polovodiče obou typů se nazývá **PN přechod**.

Zkusíme k součástce připojit zdroj napětí.

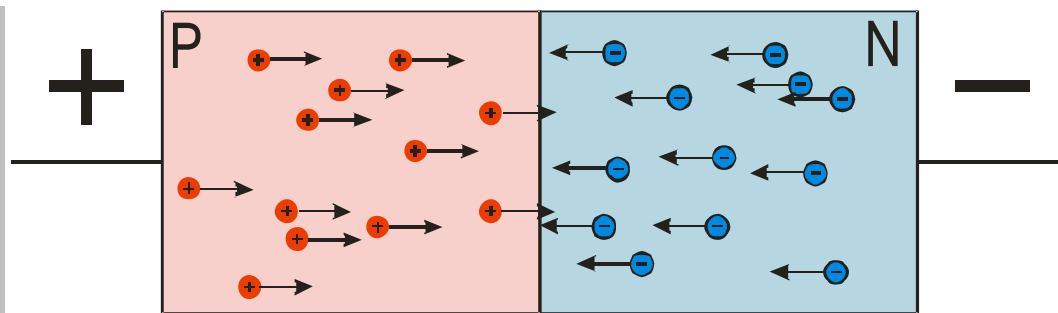
**Př. 1:** Nakresli obrázek součástky (spojené vrstvy P a N polovodiče). Do obrázku vyznač, jak se chovají majoritní nosiče nábojů, pokud je k polovodiči typu P připojeno záporné napětí a k polovodiči typu N napětí kladné.



Elektrony i díry jsou přitahovány ke své straně  $\Rightarrow$  uprostřed nezbyvají žádné volné nabitě částice  
 $\Rightarrow$  **proud neprotéká.**  
 $\Rightarrow$  Vysvětlili jsme, proč v jednom směru dioda nevede (nebo téměř nevede).

Zkusíme obrátit polaritu zdroje.

**Př. 2:** Nakresli obrázek součástky (spojené vrstvy P a N polovodiče). Do obrázku vyznač, jak se chovají majoritní nosiče nábojů, pokud je součástce připojeno napětí opačné polaroty než v předchozím případě (k polovodiči typu P připojeno záporné napětí a k polovodiči typu N napětí kladné).

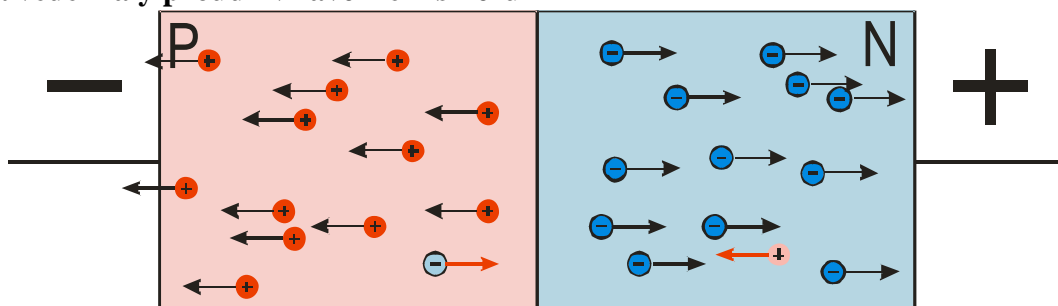


Elektrony i díry jsou přitahovány k opačné straně a tedy i PN přechodu  $\Rightarrow$  blízko PN přechodu rekombinují. U anody na kraji P vodiče stále vznikají nové díry, jak kladný pól zdroje přes anodu odsává s P polovodiče elektrony. Z katody do polovodiče N neustále proudí nové elektrony ze záporného pólu zdroje.

$\Rightarrow$  **Přes diodu teče proud.**  
 $\Rightarrow$  Vysvětlili jsme modrou část VA charakteristiky.

Vysvětlili jsme základní fungování diody – propustnost a nepropustnost při různém připojení ke zdroji, ale nevysvětlili jsme dvě věci, které jsme naměřili.

### 1. Dioda vede malý proud i v závěrném směru

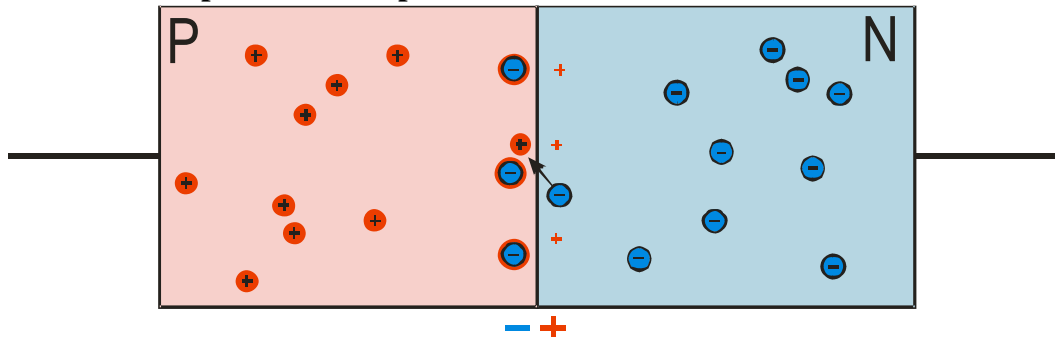


Kromě majoritních nosičů jsou v polovodičích i nosiče minoritní (slabě vybarvené na obrázku), ty jsou přitahovány na druhou stranu diody a vedou proud stejně jako majoritní nosiče v propustném směru. Je jich málo  $\Rightarrow$  malý proud (je řádově miliónkrát menší než proud, který při stejném napětí teče propustným směru).

Proč se křivka v závěrném směru při velkém napětí zlomí a začne se zvětšovat proud?

Pokud je na diodu v závěrném směru připojeno příliš velké napětí (takové, aby  $E$  překročila  $10^8 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ ), elektrická síla jím způsobená začne vytrhávat elektrony z vazeb a generovat nové dvojici elektron-díra  $\Rightarrow$  v obou oblastech se začne zvětšovat množství minoritních nosičů, které mohou vést proud, a dioda začne vést. Proud velmi rychle roste, dioda se zahřívá a hrozí její zničení. Tento jev se nazývá **průraz**.

## 2. Dioda začne vést až při určitém napětí



Elektrony se pohybují po krystalu. Když se dostanou do oblasti P, mohou narazit na díru a spadnout do ní (správně zrekombinovat).  $\Rightarrow$


- Na kraji oblasti P přibývají elektrony nachytnané do děr  $\Rightarrow$  u přechodu se kraj oblasti P nabíjí záporně (značky elektronů na červeném kolečku).
- Na kraji oblasti N začínají elektrony chybět (odtud přeskočily do oblasti P)  $\Rightarrow$  u přechodu se kraj oblasti N se nabíjí kladně (červené křížky).

$\Rightarrow$  V blízkosti PN přechodu vznikla nabitá **hradlová vrstva** (silná cca  $1 \mu\text{m}$ ). Její napětí zabraňuje dalšímu pronikání elektronů do P polovodiče.

Když připojíme diodu v propustném směru, musí vnější napětí nejdříve překonat napětí hradlové vrstvy, aby se elektrony začaly dostávat do oblasti P a přes diodu začal procházet proud. Minimální potřebné napětí se nazývá **prahové napětí** (značí se  $U_{FO}$ ).

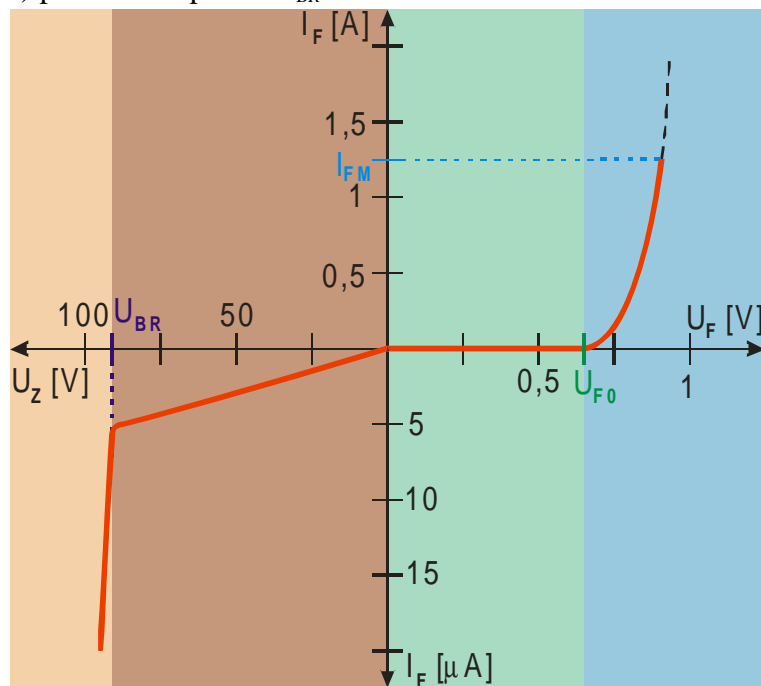
Druhy diod:

- **usměřovací diody** – propouští proud pouze v jednom směru, často snaha o snížení prahového napětí.
- **LED (dříve luminiscenční) diody (light emitting diod)** – elektron při rekombinaci s dírou ztrácí energii  $\Rightarrow$  musí ji vyzářit ve formě světla, vyšší prahové napětí, výroba z průhledného arsenidu galia AsGe.
- **fotodiody** – při ozařování PN přechodu vznikají páry elektron-díra, které přenášejí náboj i v závěrném směru  $\Rightarrow$  zdroj napětí.
- **stabilizační (Zenerovy) diody** - používají se v závěrném směru, využívají nedestruktivní Zenerův průraz (Zenerův jev – vysvětlení pouze pomocí kvantové mechaniky). Přes diodu mohou procházet velmi různé proudy za téměř konstantního napětí  $\Rightarrow$  stabilizace napětí.
- **kapacitní dioda (varikap)** – dioda s hradlovou vrstvou se v závěrném směru chová jako nabitý kondenzátor, jehož kapacitu je možné regulovat pomocí napětí (mění šířku hradlové vrstvy). Náhrada ladicích kondenzátorů (zejména v ladicích obvodech)
- **Schotkyho dioda** – usměřování probíhá na styku polovodiče a kovu (mají pouze jeden druh polovodiče)  $\Rightarrow$  menší prahové napětí (typicky 0,3 V místo 0,6 V). Použití v rychlých obvodech (výpočetní technika, radary,...).

**Poznámka:** Značka diody  nám říká, jak ji máme zapojit, aby přes ní procházel proud. Proud protéká od + k – tedy směrem, který ukazuje trojúhelník na značce.

**Př. 3:** Z grafu VA charakteristiky diody ze začátku hodiny urči:

- a) prahové napětí  $U_{F0}$   
 b) maximální proud v propustném směru  $I_{FM}$   
 c) průrazné napětí  $U_{BR}$



Odečtením získáme:

- prahové napětí:  $U_{F0} = 0,65$  V
- maximální proud v propustném směru:  $I_{FM} = 1,25$  A
- průrazné napětí:  $U_{BR} = 91$  V

**Shrnutí:** Polovodičová dioda je složena ze dvou spojených vrstev P a N polovodiče.