

4.3.3 Polovodičová dioda

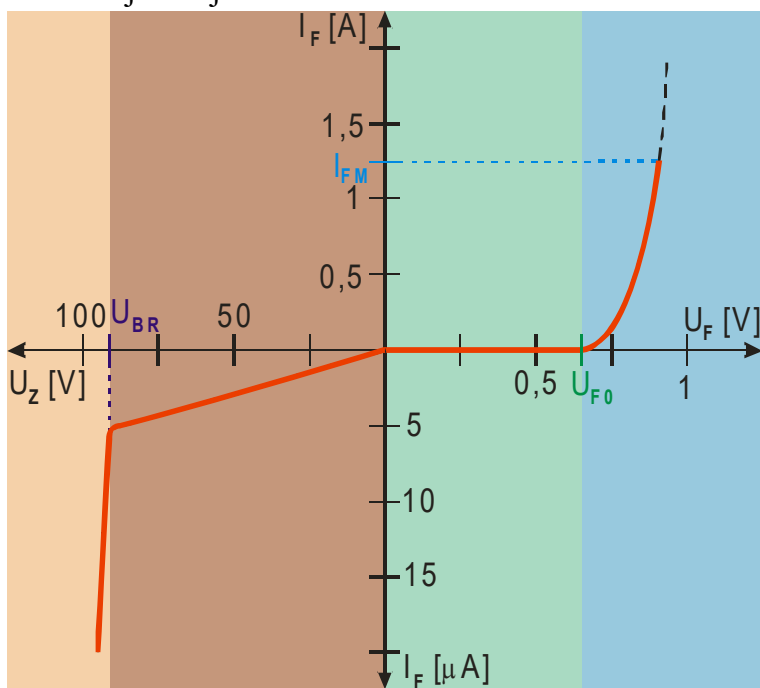
Předpoklady: 4301, 4302

Značka diody:



Základní vlastnost diody - vede proud jenom jedním směrem.

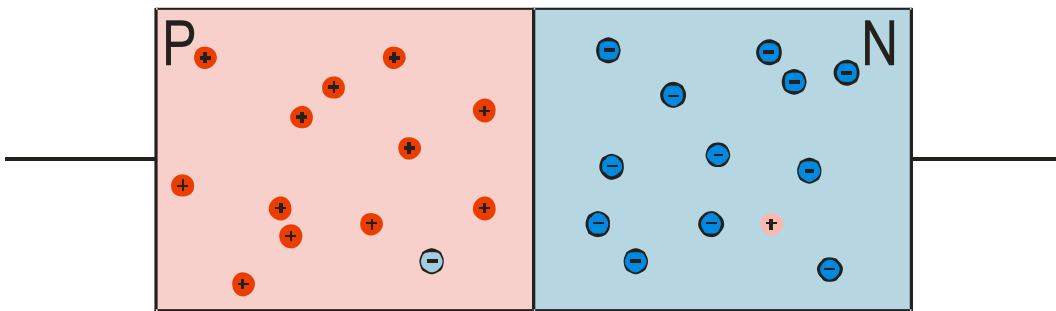
Podrobnější údaje - VA charakteristika



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

Nechat ukázat obrázek a zjišťovat, co je na něm v rozporu s naší zkušeností s diodou.

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



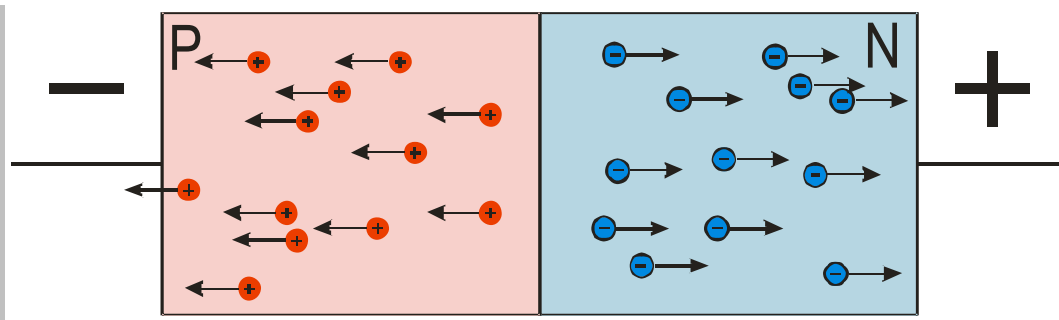
Součástka má dva vývody:

- anoda (vývod spojený s 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.



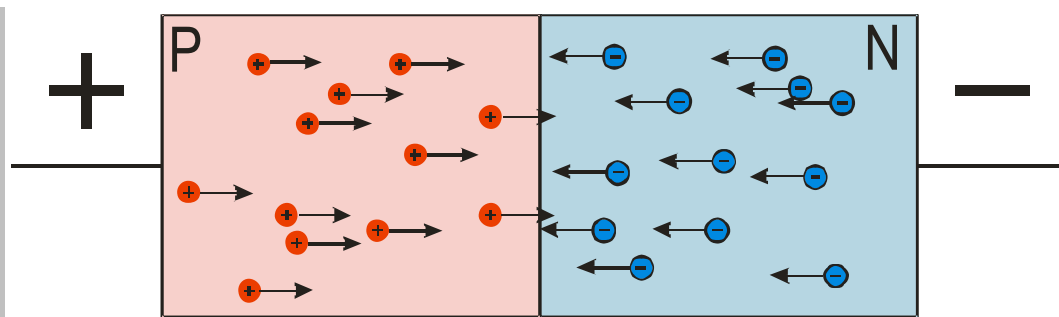
Elektrony i díry jsou přitahovány ke své straně \Rightarrow uprostřed nezůstávají žádné volné nabitě částice

\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).



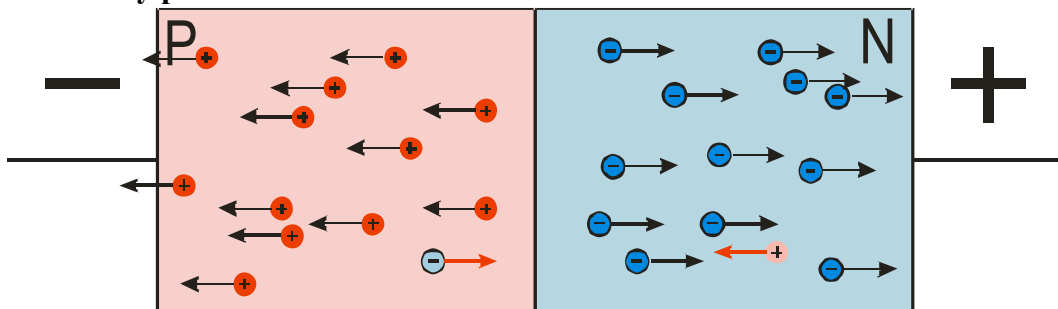
Elektrony i díry jsou přitahovány k opačné straně a tedy i PN přechodu \Rightarrow blízko PN přechodu rekombinují. U anody na kraji P vodiče stále vznikají nové díry, jak kladný pól zdroje přes anodu odsává s P polovodiče elektrony. Z katody do polovodiče N neustále proudí nové elektrony ze záporného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

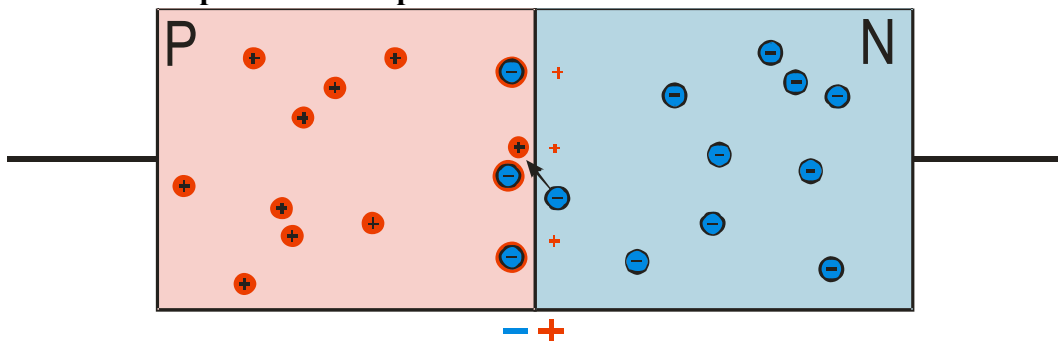


Kromě majoritních nosičů jsou v polovodičích i nosiče minoritní (slabě vybarvené na obrázku), ty jsou přitahovány na druhou stranu diody a vedou proud stejně jako majoritní nosiče v propustném směru. Je jich málo \Rightarrow malý proud (je řádově milionkrát menší než proud, který při stejném napětí teče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

- **usměrňovací 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

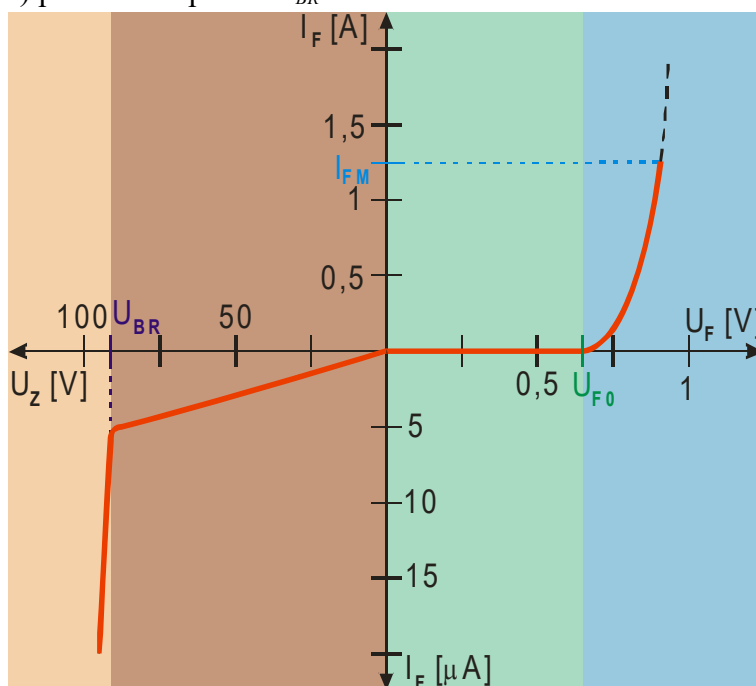
ztrácí energii \Rightarrow musí ji vyzářit ve formě světla, vyšší prahové napětí, výroba z průhledného arsenidu galia GaAs.

- **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** – usměrňování 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:

- prahové napětí U_{F0}
- maximální proud v propustném směru I_{FM}
- průrazné napětí U_{BR}



Odečtením získáme:

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

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