**Elektrický proud v polovodičích**

Polovodiče jsou látky, jejichž vodivost je větší než vodivost izolantů a menší než vodivost vodičů. Mezi nejznámější polovodiče patří prvky IV. A skupiny (germanium Ge, křemík Si). U polovodičů rozeznáváme dva typy vodivosti:

**Vlastní vodivost (vodivost čistých polovodičů)**



Valenční elektrony atomů vytvářejí elektronové páry se sousedními atomy v krystalické mřížce (kovalentní vazba). Elektrony se z vazby mohou uvolňovat, získají-li dostatečnou energii (u Ge asi 0,7 eV a u Si asi 1,1 eV) – př. zahřátím, dopadajícím zářením. Při nízkých teplotách žádný elektron tuto energii nemá a látka je elektricky nevodivá.

Při vyšších teplotách se některé elektrony z vazeb uvolní – volné místo po elektronu se chová jako kladně nabitá částice – díra. Tento jev se nazývá generace párů **elektron – díra**. Čím více párů elektron – díra vznikne (čím vyšší je teplota), tím menší je měrný odpor. → opak proti kovům, u nich se s teplotou odpor zvětšoval.

Současně s generací probíhá v polovodiči rekombinace – zánik páru (elektron se náhodně setká s dírou, ztratí část energie, zaplní díru). Při stálé teplotě jsou generace a rekombinace v rovnováze. Zapojíme-li polovodič do el. obvodu, vzniká v něm el. pole, které způsobuje uspořádaný pohyb děr k zápornému pólu zdroje → k – (ve směru intenzity el. pole) a volných elektronů ve směru opačném → k +. Výsledný proud je součtem proudu elektronového a děrového:

 *I = Ie + Id Ie = Id*

**Využití:**

termistor (teplotně závislý rezistor) – využívá se k měření teploty, regulaci teploty apod.

fotorezistor – jeho odpor se mění s osvětlením, používá se k regulaci a měření osvětlení

**Nevlastní vodivost (vodivost příměsových polovodičů)**

Jedná se o to, že v čistém polovodiči (prvek IV. A skupiny) uměle vyvoláme poruchu krystalické mřížky dodáním cizích atomů s nižším nebo vyšším mocenstvím Þ podle toho rozeznáváme dva typy příměsové vodivosti:

* **vodivost N** (elektronegativní): Poruchu mřížky vyvoláme dodáním atomů prvků V. skupiny (fosfor P, arsen As). Z pěti valenčních elektronů příměsí se jen čtyři uplatní v kovalentní vazbě se sousedními atomy prvku IV. skupiny. Zbývající páté elektrony jsou k příměsím vázány jen slabě a již při nízkých teplotách se volně pohybují krystalem. Z příměsí se stávají kladné nepohyblivé ionty, které nazýváme donory (dárce). V takto upraveném krystalu je mnohem více volných elektronů než děr, které vznikají až generací. Převládá tedy elektronová vodivost. Elektrony proto označujeme jako většinové (majoritní) nosiče náboje a díry jako nosiče menšinové (minoritní).
* **vodivost P** (elektropozitivní): Pokud použijeme jako příměsi atomy prvku III. skupiny (bor B, indium In, hliník Al), obsadí tato příměs svými elektrony jen tři vazby se sousedními atomy prvku IV. skupiny. Vznikne díra, která však může být snadno zaplněna přeskokem elektronu od sousedního atomu. Třímocné příměsi se stávají nepohyblivými zápornými ionty. Nazýváme je akceptory (příjemce). Vytvořené díry se v polovodiči volně pohybují a tvoří zde majoritní nosiče náboje, minoritními nosiči jsou elektrony.

**Přechod PN**

Spojí-li se polovodiče typu P a N, vytvoří se na jejich rozhraní PN přechod. V místě styku obou polovodičů dojde k difúzi děr z polovodiče typu P do N a elektronů z polovodiče typu N do P a následně k rekombinaci. Vytvoří se dynamická rovnováha a na rozhraní obou polovodičů vznikne vnitřní el. pole. V oblasti přechodu nejsou vlivem rekombinace žádné volné elektricky nabité částice.

Pokud připojíme polovodič typu P ke kladnému pólu zdroje a polovodič typu N k zápornému, dochází v polovodiči typu P k tvorbě děr a do polovodiče typu N jsou dodávány elektrony. Vnějším polem (vytvořeno zdrojem) jsou díry z oblasti P a elektrony z oblasti N uvedeny do pohybu směrem k přechodu, což umožňuje pokračování rekombinace a tím průchod proudu. Díry mohou jít k – do N a elektrony k + do P. V tomto případě je PN přechod zapojen v propustném směru.

Pokud zapojíme PN přechod obráceně, k vytváření děr, dodávání elektronů a rekombinaci na PN přechodu nedochází, tzn. proud neprochází. Díry jdou k –, proto zůstávají v P, stejně elektrony jdou k +, proto zůstávají v N. Říkáme, že PN přechod je zapojen v závěrném směru.

PN přechod má tedy vlastnost propouštět proud pouze jedním směrem (diodový jev).

Na základě této vlastnosti je sestrojena nejjednodušší polovodičová součástka – polovodičová dioda, která obsahuje jeden PN přechod. Dioda:

* propouští proud pouze jedním směrem (působí jako elektrický ventil, využití jako pojistka proti obrácení polarity zdroje – baterií)
* slouží k usměrňování střídavého proudu (usměrňovače)
* usměrňování vysokofrekvenčních proudů (demodulátory)



Polovodičová součástka se dvěma PN přechody se nazývá **tranzistor**.

*Následující strana textu se zabývá tranzistory a tranzistorovým jevem.*

Tvoří ho krystal polovodiče se dvěma přechody PN. Tvoří ho buď dvě části z polovodiče typu P a mezi nimi polovodič typu N (tranzistor PNP), anebo dvě části z polovodiče typu N a mezi nimi polovodič typu P (tranzistor NPN). Střední část krystalu je báze B a přechody PN ji oddělují od oblastí s opačným typem vodivosti – kolektoru C a emitoru E. Oblast kolektoru je zpravidla větší než oblast emitoru a přechody jsou v malé vzájemné vzdálenosti, takže objem báze mezi oběma přechody je velmi malý.

Základní zapojení tranzistoru typu NPN je na obrázku. Jestliže připojíme kolektor a emitor ke zdroji napětí, pak při libovolné polaritě zdroje je vždy jeden z přechodů do báze zapojen v závěrném směru a tranzistorem neprochází proud.

V případě, kdy je kolektor připojen ke kladnému pólu zdroje a emitor k pólu zápornému, je kolektorový přechod zapojen v závěrném směru. Kolektorovým obvodem neprochází proud.

Kolektorový obvod doplníme obvodem báze tak, že báze je připojena ke kladnému pólu menšího zdroje a emitor je spojen s jeho záporným pólem. Protože napětí na přechodu mezi bází a emitorem je orientováno v propustném směru, začne obvodem báze procházet proud IB. Ovšem i kolektorovým obvodem začne procházet proud, i když napětí na přechodu mezi kolektorem a bází je orientováno v závěrném směru. Přitom kolektorový proud IC je mnohem větší než malý proud IB. Tomuto jevu se říká tranzistorový jev.

Lze ho zjednodušeně vysvětlit takto: Proud báze je tvořen elektrony, které z emitoru pronikají do oblasti báze. V jejím malém objemu je nedostatek volných děr, s nimiž by se elektrony mohly rekombinovat. Současně jsou elektrony silně přitahovány ke kolektoru, který má kladný potenciál. Protože elektrony jsou v oblasti báze menšinovými nosiči náboje, mohou volně procházet kolektorovým přechodem, který je pro většinové nosiče – díry – uzavřen. To znamená, že z elektronů, které přicházejí do báze se jen malá část rekombinuje (tomu odpovídá proud IB). Většina přechází do kolektoru a vytváří značně větší proud IC. Tranzistory mají tu vlastnost, že zesilují el. proud – využívají se jako zesilovače.

Polovodičová součástka se třemi PN přechody se nazývá **tyristor** – slouží k bezkontaktnímu spínání obvodu.

Obvod složený z polovodičových součástek vytvořený na společné polovodičové destičce se nazývá **čip**.

Současná technologie umožňuje umístit celý funkční elektronický celek do jediného pouzdra. Takto vzniklá součástka se nazývá **integrovaný obvod**. Mikroprocesor je složitý integrovaný obvod, který lze naprogramovat.