

,T É M A: VEDENÍ ELEKTRICKÉHO PROUDU V POLOVODIČÍCH

Vypracoval/a:

Třída:

Spolupracoval/a:

Datum:

ANOTACE:

V této laboratorní práci si žáci připomenou vlastnosti polovodičů, jejich rozdělení a využití v technické praxi. Naučí se zapojit polovodičovou diodu v propustném a závěrném směru, ověří její vlastnosti, sestrojí voltampérovou charakteristiku diody, ze které pochopí funkci diody a její využití v elektrotechnice.

TEORIE:

Podle měrného elektrického odporu lze látky rozdělit na: ρ (10^{-8} ; 10^{-6}) $\Omega \cdot m$

1. **kovy** ρ : ρ (10^{-8} ; 10^{-6}) $\Omega \cdot m$, nejlepším vodičem je stříbro: $\rho_{Ag} = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$

2. **polovodiče** - : ρ (10^{-6} ; 10^8) $\Omega \cdot m$

3. **izolanty** - : ρ (10^{-8} ; ∞) $\Omega \cdot m$

nejlepším izolantem je diamant: $\rho_{diamant} = 3 \cdot 10^{16} \Omega \cdot m$

Při srovnání měrného odporu nejlepšího vodiče (stříbra) a nejlepšího izolantu (diamant) zjistíme, že se liší o 24 řádů!!!

Neexistuje ve fyzice jiná charakteristika látek, která by měla tak široký interval.

A přitom dělení podle měrného odporu je nejlepší, jak rozdělit látky na vodiče, polovodiče a izolanty.

Druhým kritériem, pomocí něhož lze definovat polovodič, je teplotní závislost odporu:

1. kovy - s rostoucí teplotou roste měrný odpor (a tedy i odpor)

2. polovodiče - s rostoucí teplotou většinou měrný odpor (a tedy i odpor) klesá

Mezi polovodiče patří řada pevných látek – křemík Si, germanium Ge, selen Se, telur, uhlík (grafit)C, sulfid olovnatý PbS, sulfid kademnatý, arsenid galia, ...

Polovodiče

Čisté polovodiče- jsou čisté prvky, které obsahují minimální množství nečistost (tzn. atomy jiného prvku) a za pokojové teploty se chovají skoro jako elektrické izolanty v jejich stavbě je velmi málo volných elektronů.

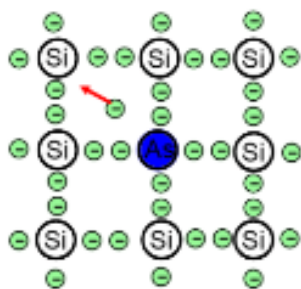
Vlastní vodivost způsobena pouze samotným prvkem, který tvoří polovodič.

Při zahřívání nebo osvětlení dojde k uvolnění některých elektronů z vazeb mezi atomy a vzniknou volné nosiče s elektrickým nábojem volný elektron a díra. Připojíme-li čistý polovodič ke zdroji napětí tak jim začne protékat velmi malý elektrický proud. Vlastní vodivosti se využívá u polovodičových součástek – termistorů k měření teploty.

Příměsové polovodiče

Vlastnosti polovodičů jsou totiž silně závislé na příměsích a vhodným výběrem příměsi můžeme dosáhnout toho, aby v polovodiči byl elektrický proud veden buď volnými elektrony (elektronová vodivost, vodivost typu N), nebo "děrami" (děrová vodivost, vodivost typu P).

Obrázek 1 Vodivost typ N

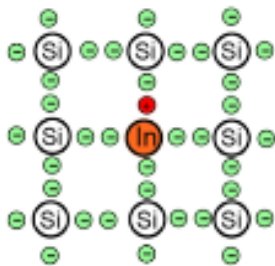


Vodivost typu N (negativní):

V krystalu křemíku jsou některé atomy nahrazeny pětimocnými atomy, např. arzenem. Jejich čtyři valenční elektrony se účastní vazeb, ale páté se již v chemických vazbách nemohou uplatnit. Jsou velmi slabě vázané a již při nízkých teplotách se stanou volnými elektrony.

V křemíku s příměsí pětimocného prvku (říká se mu donor) je nadbytek volných elektronů, které po připojení ke zdroji způsobují jeho **elektronovou vodivost** typu N.

Obrázek 2 Vodivost typ P



Vodivost typu P (pozitivní):

Zabudují-li se do krystalové mřížky atomy trojmocného prvku se třemi valenčními elektrony, např. india, chybí pro obsazení všech chemických vazeb elektrony. V místě nenasycené vazby vznikne "díra" s kladným nábojem. Tuto "díru" může zaplnit elektron z některé jiné vazby a "díra" se v krystalu přesune na jeho místo.

Příměs trojmocného prvku (říká se mu akceptor) vytváří v krystalu křemíku nadbytek kladných "děr", které po připojení ke zdroji způsobují jeho **děrovou vodivost** typu P.

Diodový jev

Největší využití v elektronice má **přechod PN**. Nazývá se tak oblast styku dvou polovodičů s opačným typem vodivosti. Přechod PN má tu vlastnost, že v jednom směru jím proud může procházet, zatímco v opačném směru nikoli.

Vysvětlení spočívá v tom, že polovodič typu N obsahuje ve své krystalové mřížce volně pohyblivé záporné elektrony, polovodič typu P má v krystalové mřížce volně pohyblivé kladné "díry".

Na jednotlivých obrázcích je znázorněna situace na přechodu PN v případě, že:

a) k přechodu PN není připojen zdroj napětí

V oblasti styku obou polovodičů se část elektronů z oblasti **N** dostane do oblasti **P** a část "děr" z oblasti **P** přejde do oblasti **N**. Volné elektrony rekombinují s "děrami", takže kolem přechodu **PN** se vytvoří nevodivá oblast bez volných nábojů (na obrázku vyznačena bílou barvou). Nevodivé oblasti bez volných nábojů říkáme **hradlová vrstva**.

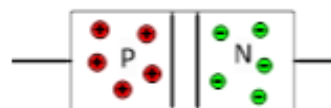
b) zdroj napětí je připojen v závěrném směru

Připojíme-li k polovodiči **P** záporný pól a k polovodiči **N** kladný pól zdroje, vzdalují se působením elektrických sil volné náboje od přechodu **PN**, oblast bez volných nábojů se rozšíří, její odpor vzroste a elektrický proud přechodem **PN** nemůže procházet.

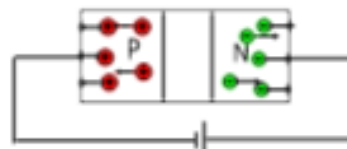
c) zdroj napětí je připojen v propustném směru

Změníme-li polaritu připojeného zdroje, přecházejí působením elektrických sil volné elektrony přes přechod **PN** ke kladnému pólu a "díry" jsou přitahovány k zápornému pólu. Výsledkem je zúžení hradlové vrstvy a zmenšení jejího odporu. Takto zapojeným přechodem **PN** proud prochází.

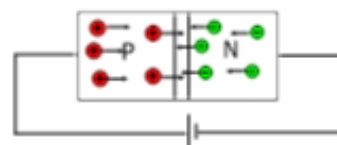
Obrázek 3 Polovodičový přechod PN



Obrázek 4 Polovodičový přechod PN zapojen v závěrném směru



Obrázek 5 Polovodičový přechod PN zapojen v propustném směru

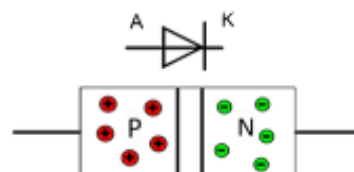


Popsaný jev, při kterém závisí odpor přechodu PN na polaritě připojeného zdroje, nazýváme **diodový jev**.

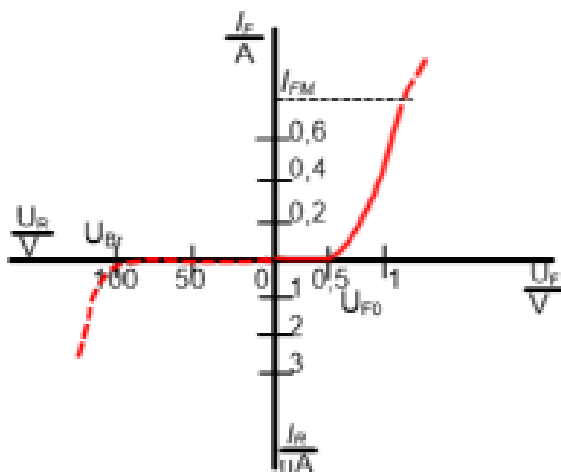
Prvek s jedním přechodem PN je nejjednodušší polovodičovou součástí - je to **polovodičová dioda**.

Polovodič **P** je připojen k elektrodě nazývané **anoda A**, polovodič **N** je připojen ke **katodě K**. Na obrázku č.7 je znázorněn vztah mezi strukturou diody a její schématickou značkou.

Obrázek 6 Polovodičový přechod PN a schématická značka diody



Obrázek 7 Voltampérová charakteristika diody



Dioda je polovodičová součástka, kterou tvoří jeden přechod P- N. Při zapojení diody v **propustném směru** je vodivá viz. obr.5, při zapojení v **závěrném směru** elektrickým obvodem neprochází měřitelný proud viz.obr.4. Obě části charakteristiky kreslíme obvykle do jednoho grafu se společnými osami, přičemž část v propustném směru umísťujeme do **I.kvadrantu**, indexujeme jej **F** a část v závěrném směru do **III. kvadrantu** a indexujeme **R**. Je účelné volit jiná měřítka na obou osách. V propustném směru nesmíme překročit hodnotu maximálního proudu I_{FM} udanou výrobcem. V závěrném směru můžeme připustit pouze hodnotu napětí menší než mezní napětí U_{RM} . ,jinak dojde ke zničení diody! viz obr.7

PARAMETRY POLOVODIČOVÉ DIODY

- Prahové napětí U_{F0} - elektrické napětí, při kterém dojde ke zrušení hradlové vrstvy
- Průrazné napětí U_{RM} - elektrické napětí, které způsobí při zapojení v závěrném směru zničení přechodu P-N a průchod proudu diodou
- VA charakteristika - závislost proudu protékajícího diodou na napětí mezi vývody
- Maximální zatížení - největší možný výkon elektrického proudu nepoškozující diodu
- Maximální proud I_{FM} - největší proud, který může procházet diodou
- Teplotní rozmezí - rozmezí teplot, při kterých může dioda pracovat

Více zde: <http://kd-elektro.webnode.cz/news/parametry-polovodicove-diody/>

Kromě základního druhu polovodičové diody existují diody se speciálním chováním přechodu P-N:

- **Druhy diod a jejich použití**
- **Výkonová usměrňovací dioda** slouží k usměrnění střídavého proudu v síťových zdrojích je určena pro větší proudy a nižší frekvence

Obrázek 8 Usměrňovací dioda



- **Fotodioda** - dopadající světelné nebo jiné záření způsobí v oblasti přechodu P-N vytvoření dvojice elektron - kladná díra, a tím podle způsobu zapojení dojde ke zvýšení vodivosti nebo ke zvýšení napětí na přechodu P-N

Obrázek 9 Fotodioda



- **Svítlivá dioda LED** – při průchodu elektrického proudu diodou dochází k rekombinaci elektronů a děr v oblasti přechodu P-N což způsobuje vydávání vznik světelného záření. Příměsmi lze dosáhnout různé barvy vydávaného světla diodou.

Obrázek 10 Svítlivá dioda



- **Varikap** - změnou napětí na diodě v závěrném směru se mění její kapacita, varikap je vyroben tak, aby tato změna byla co nejvýraznější využívá se v ladících obvodech

Obrázek 11 Varikap



- **Zenerova dioda** - má nízké napětí, při kterém v závěrném směru dochází k nedestruktivnímu průrazu, a dá se tak v jednoduchém zapojení využít ke stabilizaci napětí

Obrázek 12 Zenerova dioda



PŘÍPRAVA:

1. Zopakujte nebo prostudujte si učivo: Elektrický proud v polovodičích
2. Za použití odborné literatury nebo internetových zdrojů vypracuj následující úkoly.

1. Co tvoří polovodičový přechod PN?
2. Popište, jak funguje polovodičová dioda.
3. Napiš 3 druhy polovodičových diod a jejich použití

ÚKOL Č. 1

Zapojením diody do elektrického obvodu se žárovkou ověř kdy je zapojena v propustném a závěrném směru.

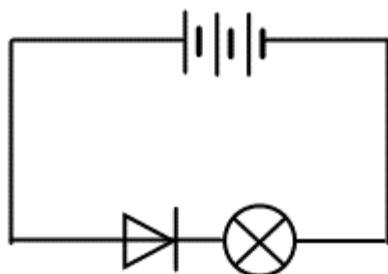
POMŮCKY:

Zdroj stejnoměrného proudu, diody, vodiče, žárovka na panelu, spínač

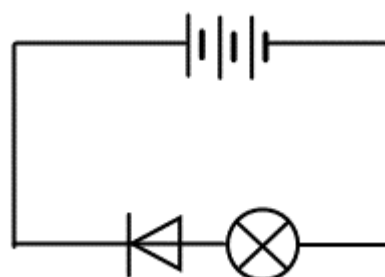
POSTUP:

1. Zapojením do elektrického obvodu určíme katodu a anodu u diody
2. Sestavíme obvod podle schématu č. 1 a 2
3. Rozhodneme, v kterém případě je dioda zapojená v propustném směru podle svítící žárovky.

Zapojení č. 1



Zapojení č. 2



ÚKOL 2

Zapojte diodu do elektrického obvodu dle schématu v propustném a závěrném směru a změřte hodnoty U a I , запиšte do tabulky.

Z naměřených hodnot vytvořte grafy závislosti U na I .

POMŮCKY:

Zdroj stejnoměrného proudu, diody, vodiče, dva digitální multimetry, rezistor, rezistor s proměnným el. odporem, spínač

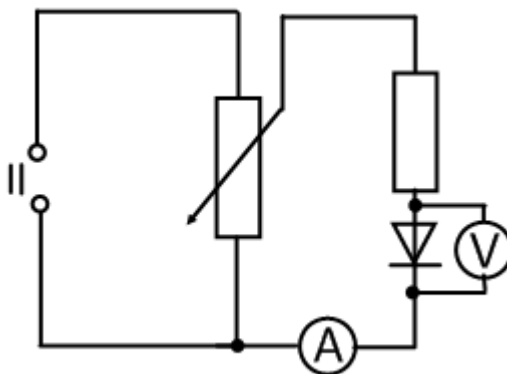
POSTUP:

1. V katalogu součástek na internetu zjistíme parametry diody-mezní proud I_{FM} v propustném směru a mezní napětí U_{RM} v závěrném směru
2. Sestavíme elektrický obvod podle schématu č. 3
3. Potenciometrem regulujeme napětí zdroje.

4. Napětí měníme po 0,1 V. Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky.
5. Změníme polaritu zdroje – závěrný směr
6. Napětí měníme po 1 V. Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky.
7. Sestrojíme V – A charakteristiku.
8. Uklidíme pomůcky a napíšeme závěr.

VYPRACOVÁNÍ:

Zapojení č. 3



Tabulka 1 Propustný směr		
Číslo měření	El. proud I [A]	El. napětí U [V]
1		0,1
2		0,2
3		0,3
4		0,4
5		0,5
6		0,6
7		0,7

Tabulka 2 Závěrný směr		
Číslo měření	El. proud I [μ A]	El. napětí U [V]
1		-1
2		-2
3		-3
4		-4
5		-5
6		-6
7		-7

Graf 1 Voltampérová charakteristika propustný směr

Graf 2 Voltampérová charakteristika závěrný směr

ZÁVĚR:

SHRNUTÍ:

Jak se dá využít vlastností polovodičové diody?

SEZNAM ZDROJŮ:

[01] Fyzika pro gymnázia Elektřina a magnetismus Oldřich Lepil, Přemysl Šedivý Prometheus Praha 2000

METODICKÝ LIST

Název školy	Gymnázium a Jazyková škola Zlín
Autor	Mgr. Albert Vacek
Vzdělávací oblast	Člověk a příroda
Vzdělávací obor	Fyzika
Tematický okruh	Elektrický proud v polovodičích
Druh učebního materiálu	Laboratorní cvičení – učitel
Cílová skupina	Žák, 17 – 18 let
Anotace	Pracovní list určen do výuky žákům – podklad pro laboratorní cvičení z fyziky. Informace žák čerpá z vlastních poznámek, odborné literatury a internetu. Náplň: Elektrický proud v polovodičích