

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, pochopí funkci diody a její využití v elektrotechnice.

TEORIE:

Podle elektrických vlastností rozdělujeme látky na:

Elektrické vodiče

- jsou látky, které mají malý elektrický odpor při normální teplotě
- kovy – (měď, zlato)-dostatek volných elektronů
- elektrolyty-(vodný roztok kyselin a solí) volné ionty a jiné
- s rostoucí teplotou roste jejich elektrický odpor.

Polovodiče

- jsou látky, které se za určitých podmínek chovají jako izolanty a za jiných mají vlastnosti vodičů
- Křemík – Si, Germánium – Ge, a celá řada sloučenin například arsenid galitý – GaAs aj
- s rostoucí teplotou klesá elektrický odpor.

Elektrické nevodiče (izolanty) – jsou látky, které nemají volné částice s elektrickým nábojem nebo je jich v látce velmi málo

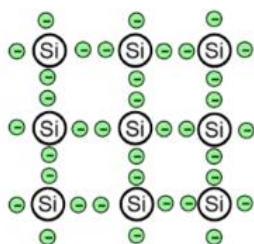
- sklo, dřevo, plasty a jiné

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

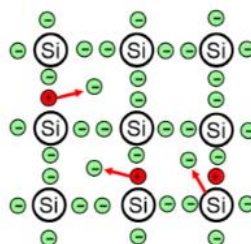
Vlastní vodivost způsobena pouze samotným prvkem, který tvoří polovodič.

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.

Obrázek 1 Struktura čistého polovodiče – křemík při nízké teplotě



Obrázek 2 Struktura čistého polovodiče – křemík při vyšší teplotě



Elektrické vlastnosti polovodičů vysvětlíme na základě vlastností jejich krystalové mřížky. Například křemík je čtyřmocný (má 4 valenční elektrony) a jeho atomy jsou uspořádány v krystalové mřížce. Při nízkých teplotách jsou valenční elektrony silně poutány v mřížce, křemík proud nevede. Při zahřátí se ionty v krystalové mřížce rozkmitají a dochází k uvolňování valenčních elektronů. Opustí-li elektron své místo v mřížce (na obr. šipky), objeví se místo, kde chybí záporný náboj. Toto prázdné místo se nazývá "díra" a chybějící záporný náboj se navenek projeví jako náboj kladný (na obr. vyznačen červeně). Do "díry" může přeskočit jiný elektron z krystalové mřížky a doplnit chybějící záporný náboj. Dojde k rekombinaci. Kladná "díra" se však objeví na místě, odkud elektron přeskočil, vypadá to tedy, jako by se "díry" stěhovaly v krystalové mřížce z místa na místo.

Příměsové polovodiče

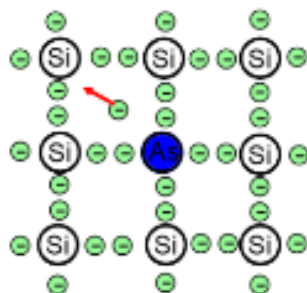
Vlastnosti polovodičů jsou totiž silně závislé na příměsích a vhodným výběrem příměsi můžeme dosáhnout toho, aby v polovodiči byl elektrický proud veden buď volnými elektrony (elektronová vodivost, vodivost typu N), nebo "děrami" (děrová vodivost, vodivost typu P).

Vodivost typu N (negativní):

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

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

Obrázek 3 Struktura příměsového polovodiče typu N

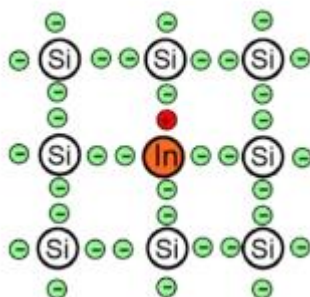


Vodivost typu P (pozitivní):

Zabudují-li se do krystalové mřížky atomy trojmocného prvku se třemi valenčními elektrony, např. indium, 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.

Obrázek 4 Struktura příměsového polovodiče 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**.

Obrázek 4 Polovodičový přechod PN



b) zdroj napětí je připojen v závěrném směru

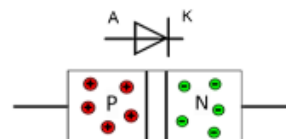
Připojíme-li k polovodiči **P** záporný pól a k polovodiči **N** kladný pól zdroje, vzdalují se působením elektrických sil volné náboje od přechodu **PN**, oblast bez volných nábojů se rozšíří, její odpor vzroste a elektrický proud přechodem **PN** nemůže procházet.

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.

Popsaný jev, při kterém závisí odpor přechodu **PN** na polaritě připojeného zdroje, nazýváme **diodový jev**. Prvek s jedním přechodem **PN** je nejjednodušší polovodičovou součástkou - 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 7 Polovodičový přechod **PN** a schématická značka diody



Druhy diod a jejich použití

Výkonová usměrňovací dioda elektrický proud protéká jen jedním směrem, proto 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

Svíťivá 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 Svítivá dioda

PŘÍPRAVA

Zopakujte nebo prostudujte si učivo: Elektrický proud v polovodičích

Za použití odborné literatury nebo internetových zdrojů vypracuj následující úkoly.

1. Jak dělíme látky podle jejich elektrických vlastností?
2. Jaký je rozdíl mezi čistým a příměsovým polovodičem?

3. Co tvoří polovodičový přechod PN?
4. Co to je polovodičová dioda a jakou má schématickou značku?

ÚKOL Č. 1

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

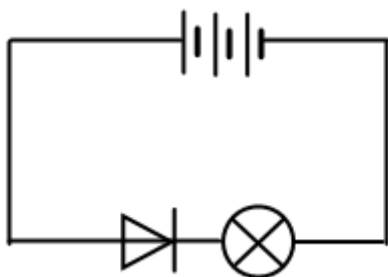
POMŮCKY:

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

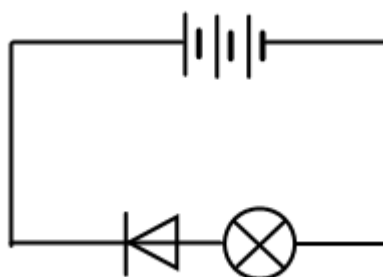
POSTUP:

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

Zapojení č. 1



Zapojení č. 2



ZÁVĚR:

ÚKOL Č. 2

Zapojte diodu do elektrického obvodu dle schématu zapojení č. 3 v propustném a závěrném směru a změřte vždy pět hodnot U a I , zapište do tabulky a vypočítejte elektrický odpor pro jednotlivá měření. Z naměřených hodnot vytvořte grafy závislosti U na R .

POMŮCKY:

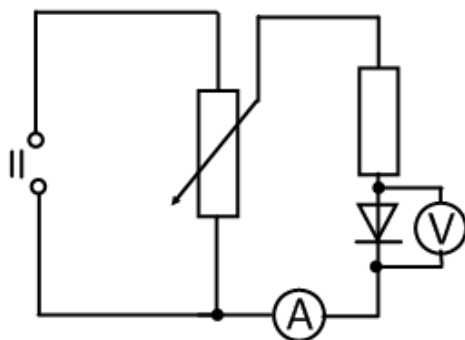
Zdroj stejnoměrného proudu, diody, vodiče, dva digitální multimetry, rezistor, rezistor s proměnným el. odporem, spínač

POSTUP:

1. V katalogu součástek nebo 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 zapojení č. 3
3. Potenciometrem regulujeme napětí zdroje.
4. El. napětí měníme po 0,1 V v propustném směru a v závěrném směru po 2V Naměřené hodnoty zapišeme do tabulky.
5. Sestrojíme graf závislosti elektrického odporu na napětí.
6. Uklidíme pomůcky a napíšeme závěr.

VYPRACOVÁNÍ:

Zapojení č. 3



Tabulka 1 Naměřené hodnoty propustný směr

Propustný směr			
Číslo měření	El. napětí U[V]	El. proud I [A]	El.odpor R [Ω]
1	0	0	
2	0,1		
3	0,2		
4	0,3		
5	0,4		
6	0,5		
7	0,6		
8	0,7		

Graf závislosti U na R – propustný směr

Tabulka 2 Naměřené hodnoty závěrný směr

Závěrný směr			
Číslo měření	El. napětí U[V]	El. Proud I [A]	El. odpor R [Ω]
1	0	0	0
2	2		
3	4		
4	6		
5	8		
6	10		
7	12		
8	14		

Graf závislosti U na R – závěrný směr

ZÁVĚR:

SHRNUTÍ:

Napiš druhy polovodičových diod a jejich použití.

SEZNAM ZDROJŮ:

- [01] Praktikum z fyziky Miroslav Voráček, Jaroslav Bejsta, Josef Lampa SPN Praha 1971
[02] Fyzika pro základní školy a víceletá gymnázia 9.roč Karel Rauner, Václav Havel, Miroslav Randa – Fraus 2007 136s
ISBN 978-80-7238-617-8

METODICKÝ LIST

Název školy	Gymnázium a Jazyková škola Zlín
Autor	Mgr. Albert Vacek
Vzdělávací oblast	Člověk a příroda
Vzdělávací obor	Fyzika
Tematický okruh	Polovodičová dioda
Druh učebního materiálu	Laboratorní cvičení – učitel
Cílová skupina	Žák, 14 – 15 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