

POKROČILÉ PRAKTIKUM Z ELEKTRONIKY

Návod k úloze č. 2: Měření zotavovací doby PN přechodu

Zadání úlohy číslo 2

Měření zotavovací doby PN přechodu pro různé druhy diod a několik velikostí pracovních proudů.

Použité diody:	1N4007	(usměrňovací)
	1N4148	(signálová)
	BA159	(rychlá dioda)
	MUR160	(velmi rychlá dioda)
	1N5819	(Schottkyho dioda)

1. Teorie

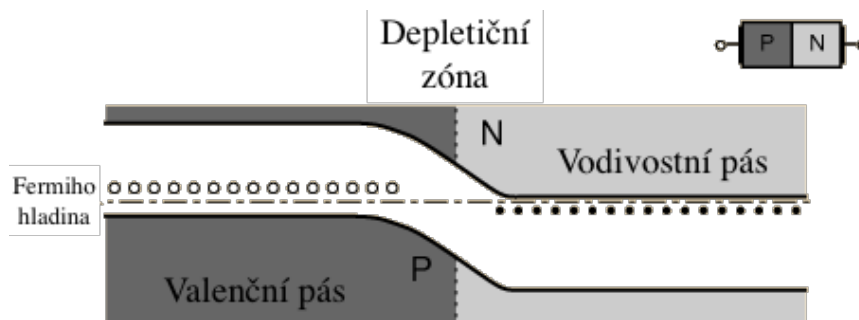
Dioda patří mezi základní součástky elektronických obvodů, jedná se o nejjednodušší polovodičovou součástku se dvěma vývody (katoda a anoda). Používá se především kvůli svým usměrňovacím vlastnostem, které vycházejí z její voltampérové charakteristiky.

1.1. PN přechod

Jedním z nejdůležitějších fyzikálních jevů pro elektroniku je funkce PN přechodu. Pokud spojíme dva odlišné typy polovodičů (P typ a N typ) na atomové úrovni, vznikne PN přechod. Pásová struktura polovodičů je typická tím, že Fermiho hladina leží v oblasti zakázaných energií.

Typ P a N se liší koncentrací nosičů náboje. V polovodiči typu P je vyšší koncentrace děr a Fermiho hladina je posunuta k nižším energiím. U polovodiče typu N jsou elektrony majoritními nosiči náboje a Fermiho hladina se nachází těsně pod vodivostním pásem.

Pokud tyto dva typy polovodičů spojíme, vznikne pásová struktura znázorněná na obr. 1. V rovnovážném stavu jsou Fermiho hladiny vyrovnány a kvůli difuznímu a driftovému proudu vzniká depletiční oblast (oblast bez volných nosičů náboje). V pásové struktuře lze také vidět potenciálový spád, který se projevuje vlastním elektrickým polem přechodu.



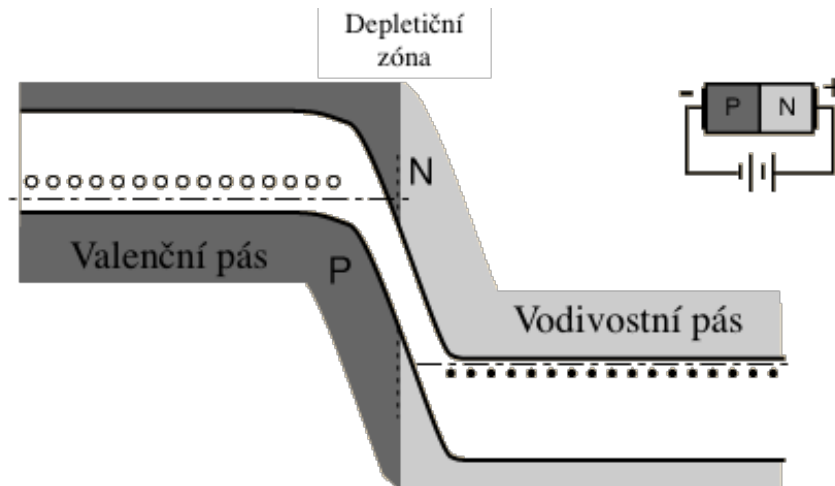
Obrázek 1: Schématicky znázorněná pásová struktura PN přechodu v rovnovážném stavu.

○ díry ● elektrony

1.2. VA charakteristika

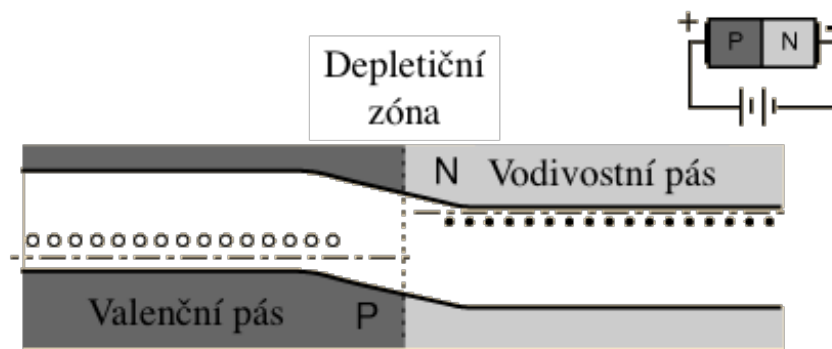
Připojíme-li PN přechod na zdroj stejnosměrného napětí, projeví se to v pásové struktuře. Na obrázku 2 je vidět případ, kdy byla kladná větev zdroje napojena na polovodič typu N. Vlivem elektrického pole se PN přechod stává pro elektrony potenciálovou bariérou.

Dochází k rozšíření depletiční zóny a přes bariéru nemohou přecházet majoritní nosiče náboje. Závěrný proud je malý a způsoben minoritními nosiči náboje.



Obrázek 2: Schématicky znázorněná pásová struktura při zapojení PN přechodu v závěrném směru.

Obrácením polaritý stejnosměrného zdroje dojde k opačnému posunu pásových struktur (viz obr. 3). V tomto případě je pro elektrony energeticky výhodné přejít z polovodiče N do polovodiče P (naopak pro díry). Nosiče náboje se dostávají do oblasti depletiční zóny a teče jí proud.



Obrázek 3: Schématicky znázorněná pásová struktura při zapojení PN přechodu v propustném směru.

Závislost proudu na napětí popisuje Shockleyho rovnice pro ideální diodu

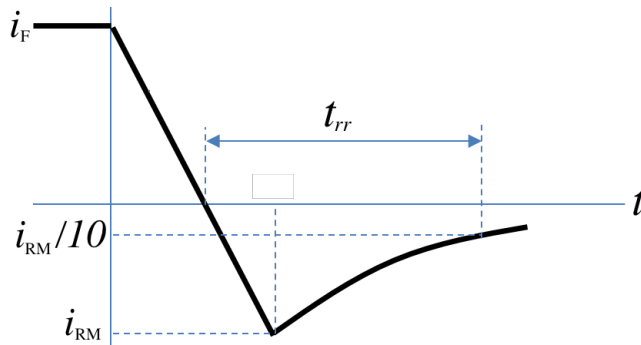
$$I = I_0 \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right), \quad U_T = \frac{kT}{e}, \quad (1)$$

ve které I_0 je proud v závěrném směru, U_D přiložené napětí na diodě a U_T je teplotní napětí PN přechodu. Exponenciální závislost je pro diodu typická a ukazuje její usměrňovací vlastnosti.

1.3. Zotavovací doba diody t_{rr}

Při přechodu diody z propustného stavu do závěrného stavu se projevuje setrvačnost nábojů v depletiční zóně. Důsledkem je zvýšení závěrného proudu po určitý časový úsek, dokud nedojde k zotavení PN přechodu (vyprázdnění depletiční zóny). Kvalitu diody pro vf frekvence určuje právě zotavovací doba diody t_{rr} a velikost maxima závěrného proudu i_{RM} při změně stavu diody.

V datových listech je zotavovací doba definována různě. Často se t_{rr} definuje jako časová doba mezi okamžikem přechodu diody do závěrného směru a okamžikem kdy klesne proud na desetinu maxima. Na obrázku 4 je znázorněn průběh proudu a určení zotavovací doby.



Obrázek 4: Definice zotavovací doby t_{rr} .

2. Postup měření

Při měření zotavovací doby zapojte obvod podle schématu 1. Frekvenční generátor nejprve nastavíte na sinusový průběh a zvolíte požadovanou frekvenci. V tomto zapojení první kanál osciloskopu sleduje napěťový signál frekvenčního generátoru a druhý kanál sleduje napětí na odporu R. Napětí na odporu R odpovídá průběhu proudu tekoucího diodou D1, u které měříte zotavovací dobu.

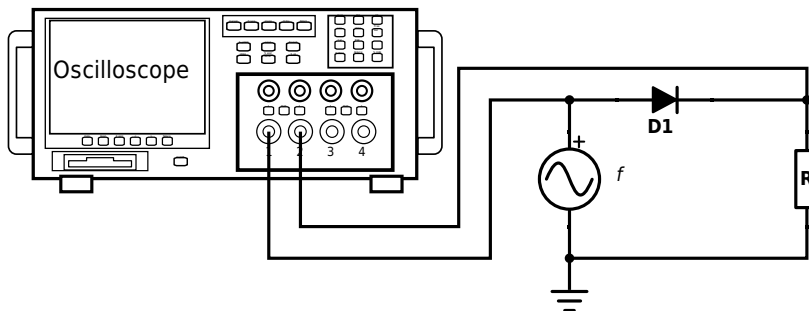


Schéma 1: Měření zotavovací doby diody.

Zotavovací dobu PN přechodu určete měřením časového úseku na osciloskopu podle předchozí části návodu. Pro měření může být výhodné změnit signál frekvenčního generátoru na čtvercové vlny a upravit frekvenci. Vyzkoušejte si jak se projeví změna frekvence na t_{rr} .

Před zapojením obvodu si vypočtete proud procházející diodou a porovnejte ho s I_f . Určete zotavovací dobu pro všechny diody a určete vývoj zotavovací doby pro různé proudy diodou. Vysvětlete frekvenční závislost t_{rr} . Porovnejte jednotlivé diody a určete, které jsou vhodné pro vysokofrekvenční signály.

2.1. Parametry diod

Konstrukcí PN přechodu v diodě je možné zotavovací dobu ovlivnit. Pro aplikační účely existují diody s velmi krátkou zotavovací dobou (jednotky ns). V tabulce níže jsou vidět parametry jednotlivých diod.

Tabulka 1: Parametry diod použitých při měření

Dioda	U_{rrm} [V]	U_f [V]	I_f [A]
1N4007	1000	1.10	1.0
1N4148	75	1.00	0.2
BA159	1000	1.30	1.0
MUR160	600	1.25	1.0
1N5819	40	0.60	1.0

Značení:

U_{rrm}

špičkové opakovatelné napětí na diodě v závěrném směru

U_f

pracovní napětí na diodě v propustném směru

I_f

pracovní proud diodou v propustném směru