

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM II – Elektřina a magnetismus

Úloha č.: XI

Název: Charakteristiky diody

Pracoval: Pavel Brožek

stud. skup. 12

dne 9.1.2009

Odevzdal dne:

Hodnocení:

Připomínky:

Kapitola referátu	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Teoretická část	0 – 3	
Výsledky měření	0 – 10	
Diskuse výsledků	0 – 4	
Závěr	0 – 2	
Seznam použité literatury	0 – 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval: dne

1 Pracovní úkol

1. Změřte charakteristiky křemíkové (KY 721) a vakuové (EZ 81) diody pomocí zapisovače 4106.
2. Změřte charakteristiky Zenerovy diody (KZ 703) bod po bodu.
3. Určete její dynamický vnitřní odpor v propustném směru při proudu 200 mA a v závěrném směru pro proud 400 mA.
4. Určete odpovídající Zenerovo napětí při tomto proudu.
5. Pro tento proud (pracovní bod) zakreslete do grafu zatěžovací přímku pro napětí zdroje $U_1 = 9$ V.
6. Určete odpovídající stabilizační činitel.

2 Teorie

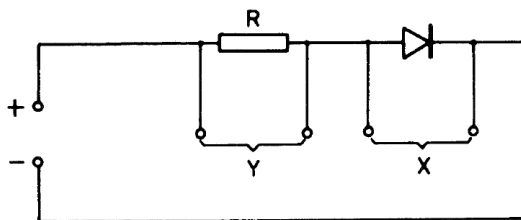
Vakuová dioda je tvořena evakuovanou buňkou, ve které je umístěna katoda a anoda. Při žhavení katody dochází k emisi elektronů z katody. Při vytvoření napěťového rozdílu mezi katodou a anodou se podporuje (při kladném napětí na anodě) přechod elektronů z katody na anodu. Při nulovém napětí mezi elektrodami stále teče nepatrný proud. Jestliže na elektrody připojíme opačná napětí, bude tento proud klesat k nule. V propustném směru je závislost anodového proudu I_a na anodovém napětí U_a přibližně popsána vztahem

$$I_a = aU_a^{\frac{3}{2}}, \quad (1)$$

kde a je konstanta závislá na geometrickém uspořádání elektrod.

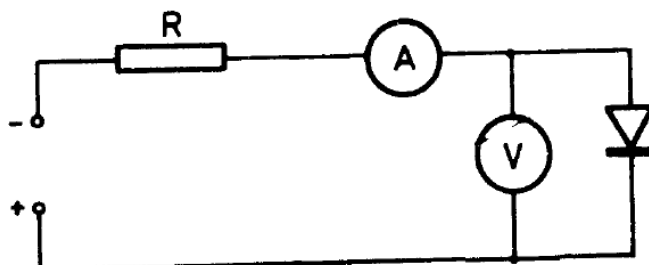
Polovodičové diody jsou tvořeny dvěma oblastmi - v oblasti typu P jsou nosiči náboje díry a v oblasti typu N elektrony. Charakteristika přechodu P-N je nesouměrná, čehož se využívá. Je-li na oblast typu P přiložen kladný pól a na oblast typu N záporný pól, je dioda zapojena v propustném směru. Jestliže se obrátí polarita napětí, odpor diody bude řádově větší, dioda bude zapojena v závěrném směru. Charakteristiku diod měříme pomocí zapisovače podle obrázku 1. R je známý odpor, který slouží k záznamu proudu, jelikož proud je úměrný napětí na odporu (svorky Y). Napětí na diodě je zaznamenáváno pomocí svorek X. Měření charakteristiky bod po bodu provádíme podle zapojení na obrázku 2, pokud je odpor voltmetru dostatečně velký vzhledem k odporu diody.

Obrázek 1: Měření charakteristiky pomocí zapisovače

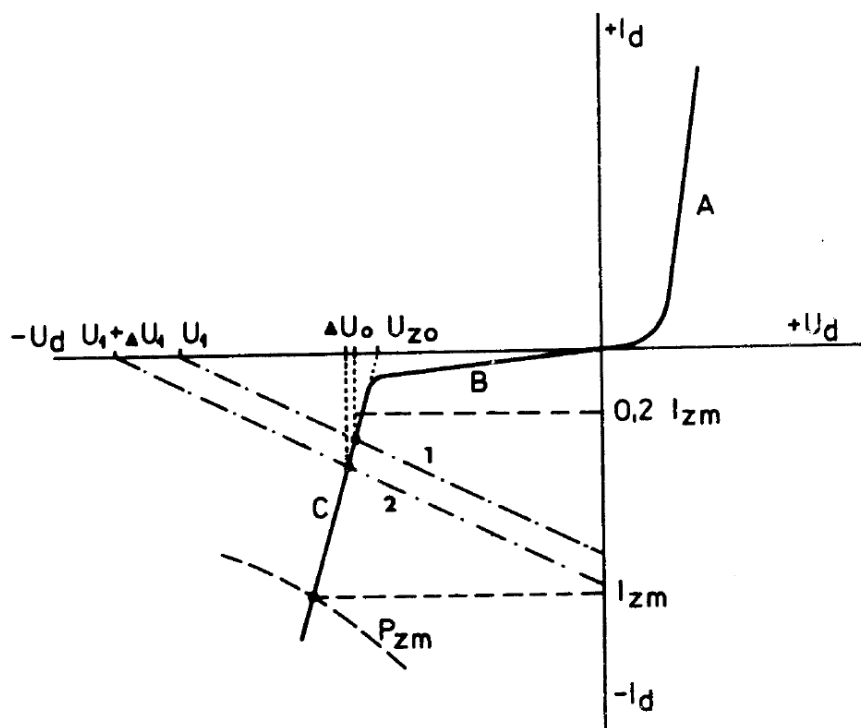


U Zenerovy diody se využívá toho, že při zapojení diody v závěrném směru existuje určité napětí, při kterém dochází k průrazu a dioda začne vést proud. Voltampérová charakteristika Zenerovy diody je zobrazena na obrázku 3. Dynamický odpor diody je dán vzorcem

Obrázek 2: Měření charakteristiky bod po bodu



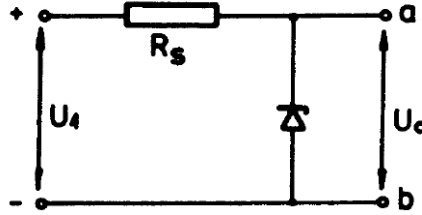
Obrázek 3: Voltampérová charakteristika Zenerovy diody



$$r_i = \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0}, \quad (2)$$

kde ΔU_0 je přírůstek napětí a ΔI_0 přírůstek proudu v daném bodě voltampérové charakteristiky. Zenerovy diody mají uplatnění při stabilizaci napětí v obvodu (obrázek 4). Napětí U_0 na diodě

Obrázek 4: Stabilizace stejnosměrného napětí



bude dáno vztahem

$$U_0 = U_1 - R_s I, \quad (3)$$

kde U_1 je napětí zdroje, I je proud v obvodu a R_s je odpor zvolený tak, aby zatěžovací přímka protínala charakteristiku diody v průrazné oblasti. Jestliže je v této oblasti Zenerovo napětí U_Z a diodou prochází proud I_Z , pak volíme

$$R_s = \frac{U_1 - U_Z}{I_Z}. \quad (4)$$

Stabilizační činitel S_u je definován jako poměr relativní změny vstupního napětí a relativní změny výstupního napětí.

$$S_u = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_1}}{\frac{\Delta U_0}{U_0}} = \frac{U_0 \Delta U_1}{U_1 \Delta U_0} \quad (5)$$

Tento vztah se dá přepsat jako

$$S_u = \frac{U_0 (R_s + r_i)}{U_1 r_i} \quad (6)$$

Při počítání přenosu chyb budu používat vzorec podle [1]

$$\sigma_f^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2 \quad (7)$$

3 Výsledky měření

Měřil jsem charakteristiku Zenerovy diody v propustném a závěrném směru bod po bodu podle zapojení na obrázku 2. Při měření v závěrné části charakteristiky, kdy je odpor diody největší, jsem ověřil, že se procházející proud měřený ampérmetrem nezmění při odpojení voltmetru, odpor voltmetru je tedy dostatečně velký vzhledem k odporu diody, aby toto zapojení mohlo být použito. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1 a vyneseny do grafu 1.

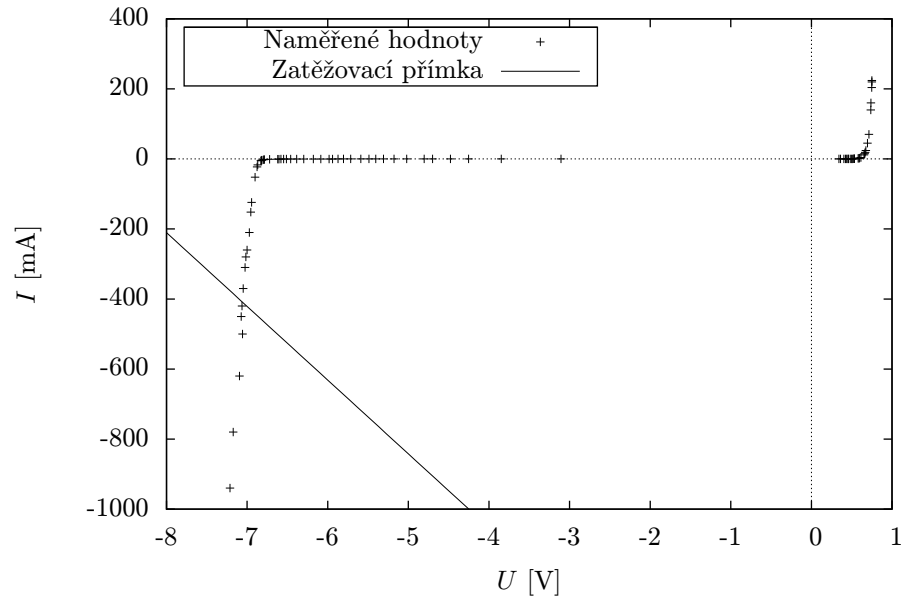
Dynamický vnitřní odpor Zenerovy diody pro dané proudy jsem určil lineární regresí blízkých bodů voltampérové charakteristiky. Chybu měření jsem určil z chyby lineární regrese a z nepřesnosti měřících přístrojů. V propustném směru je při proudu $I = 200$ mA (pro regresi použity body z rozmezí 140-224 mA) dynamický vnitřní odpor

$$r_{ip} = (0,17 \pm 0,01) \Omega. \quad (8)$$

Tabulka 1: Voltampérová charakteristika Zenerovy diody bod po bodu

Závěrný směr				Propustný směr	
I [μA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]
2,5	3,106	1,95	6,786	0,0070	0,342
5,0	3,847	2,3	6,796	0,0105	0,361
8,0	4,252	3,4	6,815	0,026	0,403
10,0	4,478	4,2	6,822	0,040	0,423
13,0	4,700	5,4	6,831	0,054	0,437
15,0	4,803	17,0	6,869	0,075	0,452
20,0	5,020	22,8	6,877	0,090	0,460
25,0	5,177	52,0	6,902	0,150	0,482
30,5	5,308	124	6,944	0,220	0,498
35,0	5,404	152	6,955	0,295	0,512
40,5	5,488	210	6,973	0,405	0,526
48,0	5,590	260	7,000	0,475	0,532
60,0	5,715	280	7,015	0,50	0,534
70	5,805	310	7,025	1,50	0,580
80	5,873	370	7,049	2,00	0,589
91	5,940	420	7,063	2,45	0,598
100	5,984	450	7,074	3,8	0,614
125	6,086	500	7,057	11,4	0,652
150	6,178	620	7,095	14,8	0,661
200	6,297	780	7,172	18,8	0,668
250	6,386	940	7,213	24	0,676
305	6,459			45	0,695
355	6,512			70	0,713
405	6,548			140	0,737
450	6,581			160	0,739
490	6,605			204	0,748
500	6,621			220	0,750
900	6,721			224	0,751

Graf 1: Voltampérová charakteristika Zenerovy diody KZ 703



V závěrném směru je při proudu $I = 400 \text{ mA}$ (pro regresi použity body z rozmezí 280-500 mA) dynamický vnitřní odpor

$$r_{iz} = (0,24 \pm 0,06) \Omega . \quad (9)$$

Při zapojení v závěrném směru a proudu $I = 400 \text{ mA}$ bude na diodě Zenerovo napětí

$$U_0 = (7,1 \pm 0,1) \text{ V} . \quad (10)$$

Pro tento proud (pracovní bod) a napětí zdroje $U_1 = 9 \text{ V}$ je v zapojení pro stabilizaci napětí (obrázek 4) vhodné použít odpor

$$R_s = 4,75 \Omega , \quad (11)$$

zatěžovací přímka pro tento odpor je znázorněna v grafu 1.

Stabilizační činitel je určen ze vzorce (6).

$$S_u = 16 \pm 4 \quad (12)$$

4 Diskuse výsledků

Naměřená charakteristika vakuové i křemíkové diody odpovídá předpokládaným závislostem. U vakuové diody jsem v souladu s předpokladem naměřil i při nulovém a malém záporném napětí mezi elektrodami malý proud, který má stejnou orientaci jako v propustném směru. Při měření pomocí zapisovače dochází k jistým nepřesnostem, což je vidět z toho, že závislosti nejsou hladké.

Naměřená voltampérová charakteristika Zenerovy diody také odpovídá teoretické závislosti, v jejích částech, kde jsem určoval dynamický vnitřní odpor, je z grafu 1 vidět, že je dostatečně lineární.

Při měření dynamického vnitřního odporu vznikla relativně velká chyba, která se také promítla do chyby určení stabilizačního činitele. Tato chyba je způsobena malým rozsahem hodnot započítaných při lineární regresi. Pokud bychom do lineární regrese zahrnuli větší rozsah hodnot, závislost by už nebyla tak lineární a dopouštěli bychom se další chyby.

5 Závěr

Změřil jsem voltampérové charakteristiky vakuové diody EZ 81 a křemíkové diody KY 721 pomocí zapisovače (grafy 2 a 3 v příloženém listu).

Změřil jsem charakteristiku Zenerovy diody KZ 703 bod po bodu, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1 a charakteristika je znázorněna v grafu 1.

Určil jsem dynamický vnitřní odpor Zenerovy diody v propustném směru při proudu 200 mA

$$r_{ip} = (0,17 \pm 0,01) \Omega \quad (13)$$

a v závěrném směru při proudu 400 mA

$$r_{iz} = (0,24 \pm 0,06) \Omega . \quad (14)$$

Zenerovo napětí při proudu 400 mA je

$$U_0 = (7,1 \pm 0,1) V . \quad (15)$$

Pro proud 400 mA jsem zakreslil do grafu 1 zatěžovací přímkou pro napětí zdroje $U_1 = 9$ V. Určil jsem stabilizační činitel

$$S_u = 16 \pm 4 \quad (16)$$

Reference

- [1] J. English: Úvod do praktické fyziky I, Matfyzpress, Praha 2006
- [2] R. Bakule, J. Šternberk: Fyzikální praktikum II - Elektřina a magnetismus, SPN, Praha