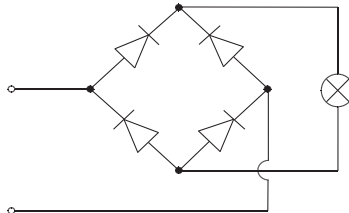


Úloha VI.C ... Z poloviny vodiče

6 bodů; (chybí statistiky)

1. Vyhledejte si po jednom příkladu materiálu, který vykazuje vlastnosti vodiče, který vykazuje vlastnosti izolantu, a nakonec i materiálu vykazujícího vlastnosti polovodiče. Také uveďte jejich odpory za běžných podmínek (např. při pokojové teplotě, za atmosférického tlaku apod.).
2. Seřadte látky z předchozího úkolu podle elektrického odporu a toto zapište pomocí nerovností. Napište, která látka má největší a která nejmenší odpor. Zamyslete se nad tím¹, proč je nutné uvažovat při srovnávání hodnot odporů stejné podmínky?
3. Vypište, jak se jmenují nositelé náboje v polovodičích. Jak se nazývají procesy jejich vzniku a zániku? Co je nutno dodat, aby tito nositelé vznikli?
4. Zkuste vlastními slovy popsat, jak se liší vlastní a příměsová vodivost? Jaký je rozdíl mezi polovodiči typu N a P?
5. Na obrázku 1 je nakreslený tzv. usměrňovací můstek (tvořen čtyřmi diodami) zapojený do obvodu se žárovkou. Nakreslete, kudy poteče proud, když k jedné elektrodě připojíme kladný pól zdroje napětí a ke druhé pól záporný. Na další obrázek nakreslete, kudy bude procházet proud, pokud póly vyměníme.



Obr. 1: Schéma dvoucestného usměrňovače.

1. Nejprve si ukážeme příklady materiálů z jednotlivých skupin vykazující dané vlastnosti a poté jejich hodnoty uvedeme v přehledné tabulce. Mezi vodiče patří všechny kovy, tedy například měď, železo nebo zlato. Porcelán, papír a sklo řadíme na základě denní zkušenosti mezi izolanty. Materiály vykazující vlastnosti polovodiče, o kterých se mluvilo ve Výfučení, jsou třeba křemík nebo germanium. V následující tabulce uvádíme hodnoty jejich měrných odporů ρ při pokojové teplotě a atmosférickém tlaku.²

Pro další úkoly si jako izolant vybereme papír, jako polovodič křemík a zástupcem vodičů bude měď.

¹A nezapomeňte to napsat. =)

²Ve skutečnosti je v nám běžně dostupných podmínkách závislost elektrického odporu na tlaku malá (oproti závislosti na teplotě) pro většinu pevných látek. Projevuje se silněji například u uhlíku a křemičitanů, které jsou proto také součástí mikrofonů a některých reproduktorů.

Tab. 1: Tabulka měrných odporů při pokojové teplotě a atmosférickém tlaku (hodnoty jsou orientační, protože byly shromážděny z více různých zdrojů). V druhé polovině jsou hodnoty pouze řádově správné, protože měření vyšších odporů je experimentálně náročné na přesnost a určování konkrétního složení materiálu.

látka	ρ [$\Omega \cdot \text{m}$]
měď	$16,78 \cdot 10^{-9}$
železo	$9,71 \cdot 10^{-6}$
zlato	$22,14 \cdot 10^{-9}$
porcelán	$3 \cdot 10^{12}$
sklo	$10 \cdot 10^{11}$
papír	$10 \cdot 10^{10}$
křemík	$3 \cdot 10^3$
germanium	0,47

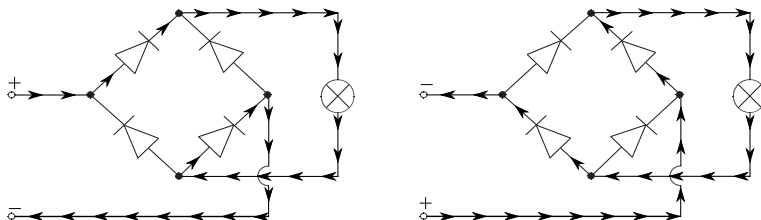
2. Z tabulky můžeme vyčíst hodnoty měrných odporů, které bude nutné mezi sebou porovnávat. Vidíme, že měrný odpor papíru je větší než křemíku a nejmenší z nich má měď.

$$\rho_{\text{Cu}} < \rho_{\text{Si}} < \rho_{\text{Pap.}}$$

Měrné odpory musíme porovnávat při stejných vnějších podmínkách, jelikož je tato hodnota závislá na teplotě a tlaku. Měrný odpor kovů, které tvoří velkou část vodičů, při rostoucí teplotě roste též. Naopak u polovodičů pozorujeme opačný trend, tedy s rostoucí teplotou klesá jejich měrný odpor.

3. Nositeli náboje v polovodičích jsou volné elektrony a díry. Proces jejich vzniku se nazývá *generace* a proces jejich zániku *rekombinace*. Aby mohlo docházet ke generaci, je nutné polovodiči dodat dostatečnou energii (např. tepelnou nebo světelnou), která rozpožhybuje jeho částice, a ty se poté mohou uvolnit z vazby.
4. Vlastní vodivost polovodičů je umožněna pouze jednou látkou, jejíž elektrony se uvolní vlivem dodané energie z vazeb. U příměsově vodivosti přidáváme do polovodiče látku jinou. Ta způsobí, že některé vazby mezi atomy postrádají elektrony, nebo jim naopak přebývají. Tyto lidově řečeno „nepřesnosti“, odborně nazývané *bodové poruchy*, v krystalické mřížce umožňují vedení elektrického proudu. Pokud elektrony v krystalické mřížce přebývají, jsou pak i hlavními nosiči elektrického proudu a takový polovodič se nazývá polovodič typu N. Naopak, pokud se elektronů v mřížce nedostává, jsou hlavní přenašeči elektrického proudu díry, a mluvíme pak o příměsovém polovodiči typu P.
5. Než začneme cokoliv kreslit, tak si musíme ujasnit, jak proud prochází takovým PN přechodem. Pokud připojíme kladný pól zdroje k polovodiči typu P a záporný naopak k typu N, budou elektrony z polovodiče typu N přitahované ke kladnému poli zdroje a díry naopak k zápornému. Za takovéto situace přechod prakticky vymizí a polovodiči bude protékat proud. Pokud však polovodiče připojíme obráceně, nastane opačný jev. Elektrony a díry se opět budou přibližovat k odpovídajícím pólům, jenže nyní to vede k tomu, že se PN přechod zvětšuje a proud nemůže polovodiči procházet. Na základě

této znalosti můžeme dokreslit procházející proud do obrázku. Vyjde nám, že při obou natočeních zdroje bude žárovkou procházet proud stejným směrem. Na obrázcích 2 je znázorněn výsledek naší úvahy.



Obr. 2: V obou zapojeních vždy dvě diody pracují a dvě jsou v závěrném směru.

Klára Stefanová

klarka@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.