

HALLŮV JEV V POLOVODIČÍCH

Pracovní úkol:

- 1) Experimentálně stanovte závislost napětí mezi konci germaniového vzorku na velikosti procházejícího proudu $U_v = U_v(I)$ pro různá magnetická pole.
- 2) Experimentálně stanovte závislost Hallova napětí na velikosti procházejícího proudu $U_H = U_H(I)$ pro různá magnetická pole.
- 3) Experimentálně stanovte závislost Hallova napětí na velikosti magnetické indukce pro různé proudy $U_H = U_H(B)$.
- 4) Určete rezistanci R germaniového vzorku.
- 5) Určete driftovou rychlost v_D nosičů náboje a koncentraci volných nosičů náboje n .

Pomůcky: měřicí aparatura firmy Phywe pro měření Hallova jevu se vzorkem Ge o rozměrech 20 x 10 x 1 mm, voltmetry, propojovací vodiče.

Teorie:

Hallův jev je pojmenován po Edwinu Herbertu Hallovi (*7. 11. 1855, † 20. 11. 1938), který ve svých 24 letech dokázal, že je možno pomocí magnetického pole vychylovat vodivostní elektrony, které se pohybují rychlostí v_d ve vodiči. Zatímco Hall pracoval s tenkými kovovými fóliemi a velkou koncentrací elektronů, dnešní moderní Hallovy sondy obsahují plátek polovodiče s relativně malou koncentrací nosičů nábojů.

Hallův jev nám umožňuje určit nejenom počet nosičů náboje v elementární jednotce, ale i znaménko jejich náboje.

Na nabitou částici pohybující v elektromagnetickém poli působí Lorentzova síla, podle vztahu:

$$\vec{F}_L = q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B}) = \vec{F}_e + \vec{F}_m,$$

kde q je celkový elektrický náboj částice, \vec{v} je vektor její rychlosti, \vec{E} je intenzita elektrické složky pole a \vec{B} je vektor magnetické indukce charakterizující magnetickou složku pole.

Lorentzova síla působí na každou nabitou částici, bez ohledu na to, zda se pohybuje ve vakuu nebo například uvnitř pevného materiálu.

Proužkem polovodičového materiálu (Ge) necháme protékat elektrický proud I . U polovodičů je náboj přenášen vodivostními elektrony a kladnými děrami. Volné nosiče náboje se pohybují driftovou rychlostí a jsou vlivem vnějšího magnetického pole vychylovány ke stranám polovodičového proužku. Vlivem přeskupení náboje se v proužku vytvoří elektrostatické pole, které ve svých důsledcích působí proti dalšímu přesouvání volných nosičů náboje v horizontálním směru. Vytvoří se tak samovolně rovnováha mezi silovými účinky vnějšího magnetického a

vnitřního (generovaného) elektrostatického pole. Magnetická a elektrická síla mají opačnou orientaci a shodnou velikost.

Přiložením voltmetru na protilehlé strany proužku lze měřit tzv. Hallovo napětí U_H , které dává možnost určit koncentraci volných nosičů náboje v materiálu, ze kterého je sonda vyrobena. Z polarity Hallova napětí můžeme určit typ volných nosičů náboje, které se na vodivosti vzorku nejvíce podílejí.

V dynamickém uspořádání Hallova experimentu lze určit střední driftovou rychlost nosičů náboje. Pro intenzitu magnetického pole vstupující kolmo do proužku a elektron pohybující směrem nahoru, lze pro rovnováhu elektrické a magnetické složky Lorentzovy síly vyjádřit vztah pro velikost driftové rychlosti:

$$v_d = \frac{U_H}{b \cdot B}$$

Driftová rychlost souvisí také s koncentrací vodivostních elektronů v materiálu n vztahem:

$$v_d = \frac{I}{n \cdot e \cdot S},$$

kde S je plocha jeho průřezu kolmého ke směru proudu.

Pokyny pro měření a zpracování:

1. Pro magnetické pole o velikostech $B_1 = 0$ T, $B_2 = 200$ mT a $B_3 = 400$ mT proměřte závislost U_v a U_H na procházejícím proudu I . Proud měňte v intervalu ± 60 mA s krokem 10 mA.
2. Proměřte závislost U_H na velikosti magnetické indukce B pro různé proudy procházející vzorkem ($I = 0$ mA, ± 20 mA, ± 30 mA) s krokem 50 mT.
3. Ze známých hodnot proudu a napětí na germaniovém vzorku vypočítejte jeho rezistenci R . Výsledky statisticky zpracujte.
4. Vypočítejte driftovou rychlost v_d nosičů náboje a koncentraci volných nosičů náboje n .
5. Sestrojte grafy závislostí $U_v = U_v(I)$, $U_H = U_H(I)$, $U_H = U_H(B)$, $v_d = v_d(B)$ a $n = n(B)$.