

# ВИКОРИСТАННЯ ЕФЕКТУ ХОЛЛА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ З'ЄДНАНЬ $A_2B_6$

доц. Опанасюк А.С., асп. Курбатов Д.І.,  
студ. Гордієнко С.О.

Сутність ефекту Холла, відкритого ще наприкінці минулого століття, полягає в виникненні поперечного електричного поля (різниці потенціалів  $U_H$ ) в металічній, або напівпровідниковій пластині, розміщеній в перпендикулярному магнітному полі, при проходженні вздовж неї електричного струму (рис.1).

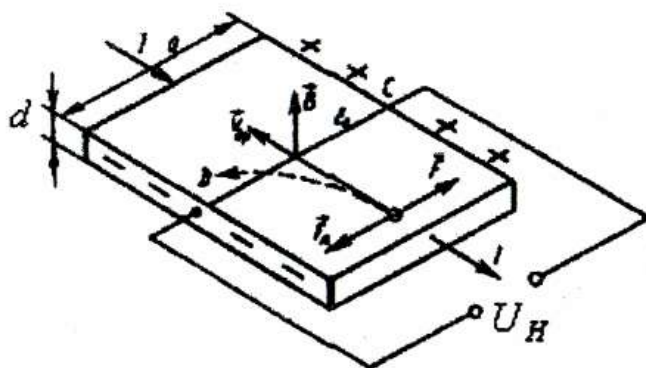


Рисунок 1 - Виникнення холлівської різниці потенціалів  $U_H$  в пластині розміщеній магнітному полі.

Кількісно  $U_H$  можна визначити так

$$U_H = \frac{R_H B I}{d}, \quad (1)$$

де  $R_H$  – коефіцієнт Холла;  $B$  – магнітна індукція;  $I$  – сила струму, що проходить через зразок;  $d$  – товщина пластини.

У фізиці напівпровідників ефект Холла використовується надзвичайно широко, оскільки він є одним з основних методів дослідження параметрів різноманітних матеріалів. Експериментально вимірявши величини  $U_H$ ,  $I$ ,  $B$ ,  $d$ , що входять у формулу (1), та знайшовши коефіцієнт Холла, можна визначити концентрацією та рухливість носіїв заряду в напівпровіднику, а за знаком  $U_H$  - встановити їх тип.

Для випадку коли електропровідність зразка здійснюється носіями двох різних типів, а це є характерним для напівпровідників, стала Холла дорівнює

$$R_H = \frac{A}{e} \frac{p\mu_p^2 - n\mu_n^2}{(p\mu_p + n\mu_n)^2} = \frac{A}{e} \frac{p - nb_n^2}{(p + nb)^2}, \quad (2)$$

де  $A$  - холл-фактор, який залежить від механізму розсіювання носіїв заряду у матеріалі ( $A < 2$ ),  $e$  - заряд електрона;  $n$  і  $p$  - концентрації електронів та дірок;  $\mu_n$  і  $\mu_p$  - відповідні рухливості;  $b = \mu_n / \mu_p$ .

Холлівська рухливість визначається співвідношенням

$$\mu_H = R_H \sigma = \frac{l}{bB} \frac{U_H}{U}, \quad (3)$$

де  $\sigma$  - провідність зразка;  $l$  та  $b$  - його довжина та ширина відповідно;  $U$  - напруга, що прикладається до зразку.

Вивчаючи залежність  $R_H$  від температури можна знайти енергію іонізації домішки  $E_i$ , а в області власної провідності - ширину забороненої зони матеріалу  $E_g$ .

Холлівські дослідження напівпровідникових з'єднань  $A_2B_6$  ускладнюються внаслідок специфіки їх енергетичної

зонної структури. Необхідність врахування трьох типів носіїв заряду приводить до суттєвого ускладнення виразів для визначення провідності та коефіцієнта Холла матеріалу

$$\sigma = (n\mu_p + p\mu_\Gamma + p_L\mu_L),$$

$$R_H = \frac{A}{e} \frac{n\mu_p^2 - p\mu_\Gamma^2 - p_L\mu_L^2}{(n\mu_p + p\mu_\Gamma + p_L\mu_L)^2}, \quad (4)$$

де  $n_\Gamma$ ,  $n_L$ ,  $p$ ,  $\mu_\Gamma$ ,  $\mu_L$ ,  $\mu_p$  — концентрації та рухливості  $\Gamma$ ,  $L$  дірок та електронів

Але це рівняння у більшості випадків можна спростити врахувавши, що  $n_L \gg n_\Gamma$ ,  $p$  або  $p \gg n_L$ ,  $n_\Gamma$ , тоді отримаємо вираз придатний для аналізу  $R_H \sim \mu_\Gamma^2 n_\Gamma / \sigma^2$ .

Для дослідження електрофізичних властивостей плівок з'єднань  $A_2B_6$  нами створена установка, яка дозволяє проводити вимірювання  $U_H$  в вакуумі в інтервалі температур  $T = 100-700$  °К та магнітних полів  $B = 0-0,2$  Тл.

Використана схема вимірювань холлівської напруги у постійному магнітному полі при постійних струмах, що проходять через зразок. Для запобігання впливу супутніх ефектів вимірювальна схема передбачає можливість зміни напрямку струму через зразок та полярності магнітного поля.

Передбачена можливість вимірювань параметрів халькогенідів при освітленні зразків світлом визначеної довжини хвилі, що дозволяє проводити дослідження в високоомних та напівізолюючих плівкових конденсатах.