

Практична робота №2

Тема роботи: «Дослідження ефекту Холла в напівпровідниках»

Мета роботи: вивчення ефекту Холла у напівпровідниковому зразку та визначення постійної Холла.

Ефект Холла — явище, при якому виникає поперечна різниця потенціалів (ЕРС) під час розміщення провідника з постійним струмом у магнітному полі.

Ефект Холла відноситься до гальванічних ефектів, що виникають у речовині при одночасній дії електричного та магнітного полів. Виникнення поперечної ЕРС обумовлено дією сили Лоренца, що відхиляє заряджені частинки у напрямку, перпендикулярному напрямку струму та дії вектору індукції магнітного поля. Холл експериментально довів, що поперечна ЕРС:

$$U_H = R[B \cdot j]$$

де R - коефіцієнт, або постійна Холла; B -вектор індукції магнітного поля; j -вектор щільності електричного струму.

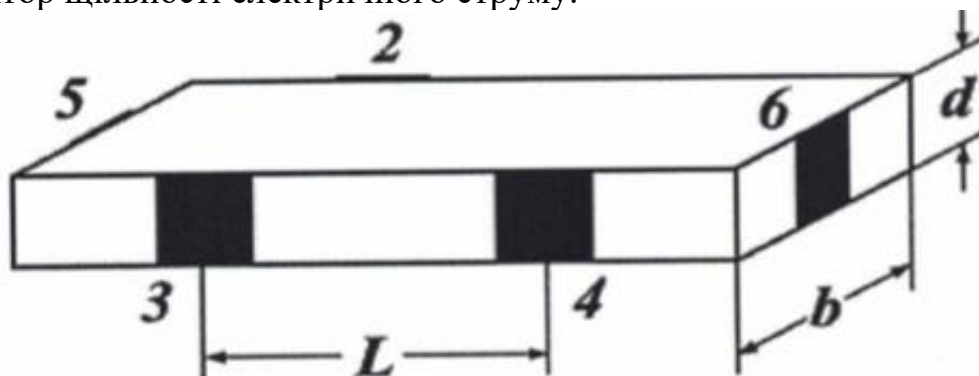


Рисунок 2.1-Схема зразку

Вимірювання проводять за допомогою зразка у вигляді паралелепіпеду, що має два торцевих контакту та три бокових. Контакти 5 та 6 необхідні для утворення струму через зразок. Постійне магнітне поле B прикладається перпендикулярно до великої грані зразку. Відповідно до ефекту Холла між контактами 2 та 3 утворюється холівська різниця потенціалів U_{23} . Оскільки з холівськими вимірюваннями одночасно проводять вимірювання питомої електропровідності зразку, то на боковій поверхні зразку є додатковий контакт 4, який разом з контактом 3 слугує для вимірювання вздовжнього падіння напруги U_{23} на відстані L між контактами. Знаючи напругу U_{23} , відстань між контактами L , ширину b та товщину d зразку можливо розрахувати питому електропровідність σ :

$$\sigma = \frac{I \cdot L}{U_{34} \cdot b \cdot d}$$

Для напівпровідникових зразків необхідно враховувати, що струм I в них переноситься і електронами і дірками, тому розрахунок постійної Холла здійснюється за формулою:

$$R = \frac{s}{e} \frac{\mu_p^2 p - \mu_n^2 n}{(\mu_p p + \mu_n n)} \quad (1)$$

де $\mu_p p$ та $\mu_n n$ - відповідно рухливості та концентрації дірок та електронів; e - елементарний заряд; s - визначається механізмами розсіювання. Наприклад, при розсіюванні на теплових коливання решітки $s = \frac{3\pi}{8} \approx 1,18$, при розсіюванні на іонах домішки $s = \frac{316\pi}{512} \approx 1,93$. Для металів та вироджених напівпровідників $s = 1$.

У власному напівпровіднику концентрація електронів та дірок однакові, тобто $n = p = n_i$, тому постійна Холла розраховується за формулою:

$$R = \frac{1}{en_j} \frac{\mu_p - \mu_n}{(\mu_p + \mu_n)}, \quad (2)$$

для напівпровідників n та p-типів:

$$R = -\frac{1}{e_n}, R = \frac{1}{e_p}, \quad (3)$$

Установка на ефекті Холла реалізована на основі універсального лабораторного стенду і складається з наступних частин:

- Електромагніт;
- Камера для вимірювання ефекту Холла;
- З'єднувальні провідники;
- Джерела живлення типу ТЕС 41, Б5-47;
- Універсальні цифрові вольтметри типу В7-21А.

Зразок знаходиться у вакуумній камері де також розміщено термопару та нагрівач для реалізації теплових вимірювань. Усі контакти елементів вакуумної камери виведені через роз'єм на панель електромагніту. Стабілізоване джерело струму ТЕС 41 необхідне для живлення електромагніту. Робота з електромагнітом вимагає суворо дотримуватися правил ввімкнення та включення струму через котушку. Тому що великі струми можуть призвести до пробоя ізоляції котушки електромагніту.

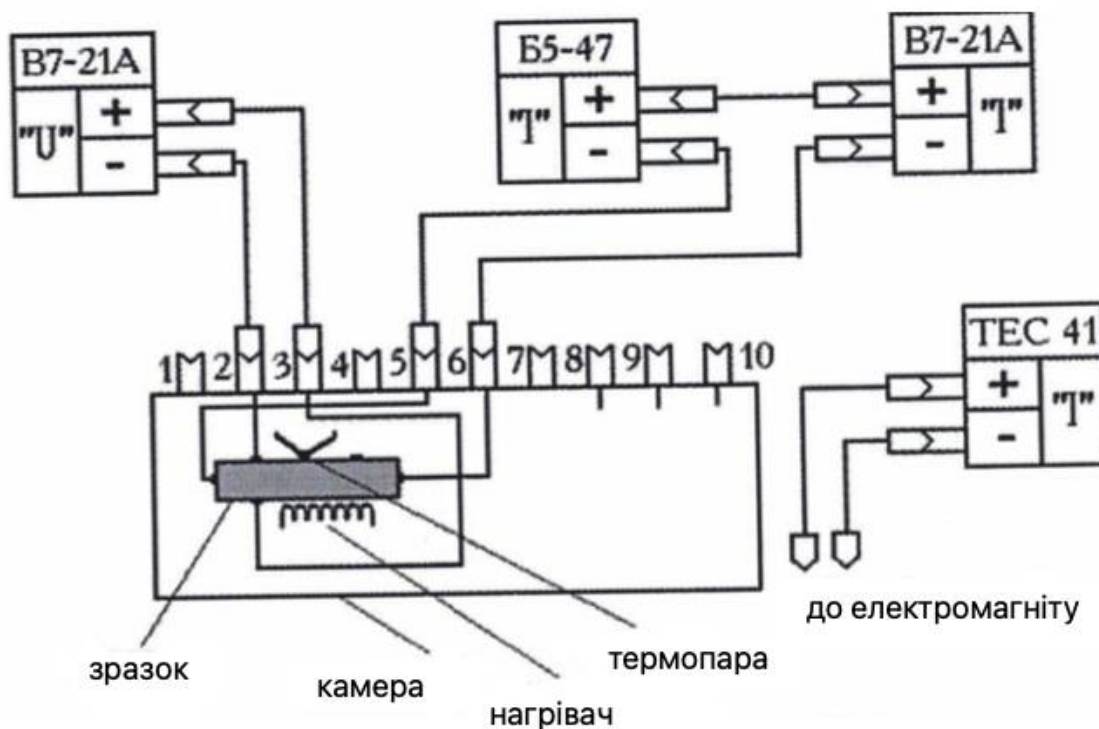


Рисунок 2.2- Схема вимірювальної установки

Джерело Б5-47 створює вздовжний струм через зразок 5,6, що контролюється приладом Б7-21 (увімкненого в режимі амперметра). Поперечна різниця потенціалів вимірюється вольтметром В7-21А. При зміні поперечної різниці потенціалів необхідно враховувати, що при розташуванні зондів в одну лінію, не строго перпендикулярно до вісі струму, між ними виникає вздовжна напруга. Щоб уникнути цього впливу на точність вимірювання ЕРС Холла, поперечну напругу вимірюють при двох протилежних напрямках магнітного поля. Як що при зміні напрямку поля напруга змінює знак, то ЕРС Холла:

$$U_H = \frac{|U_{+23}| + |U_{-23}|}{2}, \quad (4)$$

де U_{+23} , U_{-23} – поперечні напруги при різних напрямках поля.

Як що при зміні напрямку поля напруга не змінює знак, то ЕРС Холла:

$$U_H = \frac{|U_{+23}| - |U_{-23}|}{2}. \quad (5)$$

Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему відповідно до рисунку 2.2 .
2. Встановити струм електромагніту 2 А.
3. Встановити струм через зразок 1...2 мА.
4. Виміряти поперечну напругу U_{+23} , U_{-23} .
5. Розрахувати U_H .
6. Розрахувати постійну Холла за формулою:

$$R = \frac{U_H b}{I \cdot B},$$

де U_H -вимірюється в Вольтах; b -ширина зразка, м ($b=5,72 \cdot 10^{-3}$, м); I -в амперах, B -в теслах.

Індукція магнітного поля визначається за формулою:

$$B = k \cdot I_M$$

де I_M -струм електромагніту в амперах; $k=0,1$ Тл/А -постійна електромагніту.

7. Розрахувати концентрацію носіїв в зразку за формулою 2, використовуючи значення рухливостей для електронів $\mu_n=0,38$ м²/Вс та дірок $\mu_p=0,18$ м²/Вс
8. Дослідити залежність ЕРС Холла від величини індукції магнітного поля. Повторити вимірювання для значень струму магніту в інтервалі від 0,5 до 2 А через 0,125 А. Результати занести до таблиці.

№ вимірювання	I_M , А	B , Тл	U_{+23} , мВ	U_{-23} , мВ	U_H , В

9. Побудувати залежність $U_H(B)$.
10. Оформити звіт.

Контрольні питання

1. Якою є причина виникнення холлівської різниці потенціалів?
2. Що називається сталою Холла? В яких одиницях вона вимірюється?
3. Як можна використовувати ефект Холла для визначення індукції магнітного поля?
4. Як зміниться холлівська напруга при зміні напрямку струму в датчику на протилежний?
5. Як зміниться холлівська напруга при зміні напрямку вектора магнітної індукції на протилежний?