

Лабораторна робота № 1
Вимірювання питомого опору шарів напівпровідника
чотирьохзондовим методом

Мета роботи: ознайомитися з методикою вимірювання поверхневого і питомого опорів і устаткуванням для проведення вимірювання.

Теоретичні відомості

Питомий і поверхневий опір легованих шарів напівпровідника є одним з важливих електрофізичних параметрів, що впливають на характеристики напівпровідникових приладів.

Відомі різні методи вимірювання поверхневого $R_{\text{пов}}$ і питомого ρ опорів. По взаємодії вимірюваних зразків і засобів вимірювання ці методи можна поділити на безконтактні і контактні.

Безконтактні методи реалізуються без механічного контакту між вимірюваною пластиною (структурою) і засобом вимірювання. До них відносяться методи вихрових струмів, плазмового резонансу, поглинання НВЧ-енергії, вимірювання коефіцієнта оптичного відбиття і ін.

Контактні методи реалізуються подачею електричного сигналу і визначенням, у відповідь, реакції пластини (структури) за допомогою голкоподібних зондів. До них відносяться: чотирьохзондовий, трьохзондовий, двохзондовий методи і метод опору розтіканню.

Чотирьохзондовий метод виміру питомого опору напівпровідників є найпоширенішим. Перевага цього методу полягає в тому, що для його застосування не потрібно створення омичних контактів до зразка, можливий вимір питомого опору зразків найрізноманітнішої форми й розмірів. Умовою його застосування з погляду форми зразка є наявність плоскої поверхні, лінійні розміри якої перевершують лінійні розміри системи зондів.

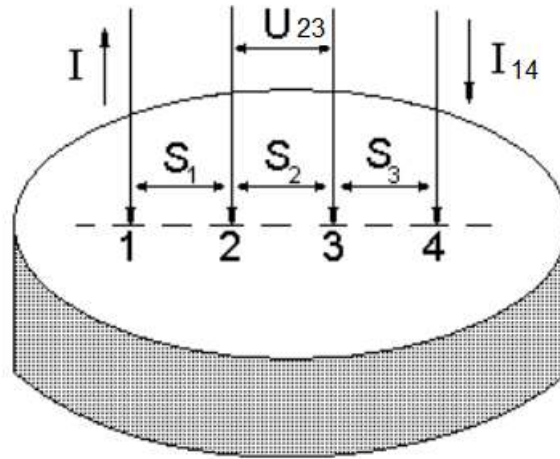


Рисунок 1.1 - Схема вимірювання питомого опору

Схема виміру опору чотирьохзондовим методом представлена на рис. 1.1. На плоскій поверхні зразка уздовж прямої лінії розміщені чотири металевих зонди з малою площею контактування. Відстані між зондами s_1 , s_2 і s_3 . Через зовнішні зонди 1 і 4 пропускають електричний струм I_{14} , на внутрішніх зондах 2 і 3 вимірюють різницю потенціалів U_{23} . За обмірюваним значенням I_{14} і U_{23} можна визначити питомий опір напівпровідника.

Якщо відстані між зондами однакові, тобто $s_1 = s_2 = s_3 = s$, то:

$$\rho = 2\pi s \frac{U_{23}}{I_{14}}.$$

Таким чином, для виміру питомого опору зразка чотирьохзондовим методом досить виміряти відстань між зондами s , спадання напруги U_{23} на вимірювальних зондах і струм, що протікає через зразок I_{14} . Для стандартної промислової чотирьохзондової голівки, де відстань між зондами s складає 1,25 мм, формула для розрахунку питомого опору має вигляд:

$$\rho = 4,25 \frac{U_{23}}{I_{14}}.$$

Опис експериментальної установки

Вимірювання проводиться за допомогою чотирьохзондової установки. Схема вимірювання показана на рис. 2.1.

Схема включає кремнієву структуру, чотирьохзондову голівку, джерело постійного стабілізованого струму, міліамперметр, вольтметр з високоомним входом.

При вимірюванні похибка виміру визначається типом вимірюваної структури і товщиною d і складає 4...10% для товщини 0,5...2,5 мкм.

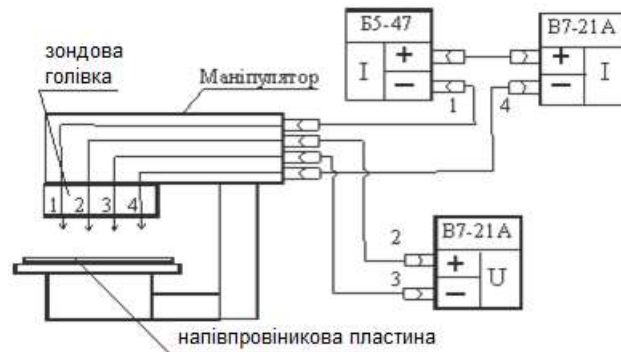


Рисунок 2.1- Схема вимірювання поверхневого і питомого опорів чотирьохзондовим методом

Установка для вимірювання питомого опору напівпровідникових пластин складається із столика для зразків, вимірювальної голівки з маніпулятором, який оснащено системою «ліфтингу» для запобігання пошкоджень контрольованої поверхні при опусканні голівки та механічному контактуванні пружних зондів, джерела постійного струму Б5-47, універсальних цифрових вольтметрів В7-21А та з'єднувальних проводів.

Зразок розміщується на вимірювальному столику, який маскується ізоляційним матеріалом. Вимірювальна голівка притискається пружинним механізмом маніпулятора до плоскої полірованої поверхні зразка. Струм через контакти 1 і 4 створюється за допомогою регульованого стабілізованого джерела постійного струму Б5-47 і контролюється універсальним цифровим приладом В7-21А, включеному в режимі амперметра. Напруга, що виникає між вимірювальними зондами 2 і 3, реєструється високоомним цифровим вольтметром В7-21А. Вимір необхідно поводити при найменшому струмі через зразок, обумовлений можливістю виміру малих напруг. При більших

струмах можливе нагрівання зразка, що спотворює результати вимірів. Зменшення робочого струму одночасно знижує модуляцію провідності зразка, викликану інжекцією носіїв заряду при протіканні струму. Основною проблемою при вимірі опору зондовими методами є проблема контактів. Для зразків з високим опором іноді необхідно проводити електричне формування контактів для одержання малих контактних опорів. Формування контактів вимірювального зонда здійснюють короткочасною подачею на вимірювальні зонди постійної напруги в кілька десятків або навіть сотень вольт.

Середнє значення питомого опору визначається за формулою:

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i$$

Мірою неоднорідності зразку по параметру ρ може служити коефіцієнт варіації γ :

$$\gamma = \frac{1}{\bar{\rho}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

Порядок виконання роботи

1. Зібрати вимірювальну установку згідно з рис. 2.1.
2. За допомогою джерела струму встановити струм в ланцюзі струмових зондів 1-4.
3. Вольтметром V виміряти напругу між зондами 2 і відповідно набути значення U_{23}

Переміщуючи пластину, суміщають область вимірювання з областю контактування зондів. Вимірювання питомого опору проводять в п'яти точках поверхні підкладки в місцях, які показано на рисунку 1.3.

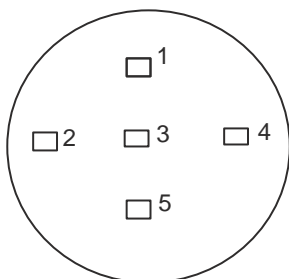


Рисунок 1.3 - Схема розміщення точок вимірювання питомого опору в п'яти точках поверхні підкладки.

4. Дані експерименту й розрахунків значень напруг занести в таблицю 1.2. Аналогічно провести дослідження інших пластин.

5. Побудувати гістограму розподілу коефіцієнта варіації всіх пластин

Таблиця 1.1- Результати виміру та визначення питомого та поверхневого опору кремнієвих пластин

№ підкл.	№ виміру	I_{14} , мА	U_{23} , В	ρ_n , Ом·см	ρ_n ср, Ом·см	γ ,
1	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

5. Відповідно до пунктів 4 та 5 визначити питомі та поверхневі опори інших отриманих зразків підкладок кремнію.

6. Оформити звіт по роботі. Звіт повинен містити:

1) короткий опис завдання, поставленого в роботі, схему вимірювальної установки;

2) результати вимірювань і розрахунків;

3) аналіз отриманих результатів;

4) висновки по роботі.

Контрольні питання

1. Які існують методи вимірювання поверхневого і питомого опорів ?
2. Переваги і недоліки методів вимірювання поверхневого і питомого опорів ?
3. Як залежить поверхневий опір тонкої напівпровідникової пластини від її товщини й параметрів напівпровідника (концентрації легуючої донорної або акцепторної домішки й рухливості носіїв заряду)?
4. Визначте питомий опір пластин кремнію n-типу провідності, концентрацію донорної домішки й рухливість електронів.