

## ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ НА НАДПРОВІДНИЙ ПЕРЕХІД В СПОЛУЦІ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Мета роботи – **набуття навичок і вмінь, необхідних для** вивчення впливу високого гідростатичного тиску на **[різні види] електропровідність [в монокристалах високотемпературного надпровідника  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ].**

### Короткі відомості про **вплив гідростатичного тиску на [дослідження]** **електропровідність [в** **умовах докладання зовнішнього тиску]**

**Давно експериментально встановлено, що прикладання зовнішнього тиску до провідника призводить до змін його електропровідності. Зокрема ...**

В  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  і інших ВТНП зразках при визначених умовах спостерігається зростання  $T_c$  під впливом гідростатичного тиску зі швидкістю  $dT_c/dP \sim 2 \div 3 \text{ K/Гпа}$ . У ряді робіт величина зростання пов'язувалась з величиною кисневого індексу  $\delta$  і можливим **перерозподілом** кисню між  $\text{CuO}$  ланцюжками і  $\text{CuO}_2$  площинами, внаслідок чого змінюється кількість дірок в  $\text{CuO}_2$  площинах. Докладання тиску до високотемпературного надпровідника  $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  нестехіометричного складу може приводити до істотної зміни електротранспортних параметрів як у надпровідному, так і у нормальному стані. При цьому ступінь цих змін значно посилюється по мірі зростання величини кисневого індекса  $\delta$ . **[Тому задача, яка пропонується в якості лабораторної роботи не є загальновизнаний експериментальний факт, який має усталене теоретичне обґрунтування, а уявляє невелике експериментальне дослідження впливу зовнішнього тиску на електротранспорт в умовах гідростатичного тиску на зразках з досить значною величиною  $\delta$ , з частково пригніченими надпровідними параметрами і більш яскраво вираженими локалізаційними особливостями].**

На рис.1 в якості приклада показані температурні залежності електроопору в базисній ***ab***-площині, виміряні при різному тиску для монокристалів  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  з дефіцитом кисню  $\delta \approx 0.45$  і критичною температурою  $T_c \approx 50 \text{ K}$ . Слід зазначити, що зменшення вмісту кисню, крім зниження  $T_c$  (від 92 до 50 K), приводить до трансформації форми залежностей  $\rho_{ab}(T)$ , котре відображається в переході від квазіметалевої поведінки кривих, характерної для оптимально допованих зразків, до залежностей з характерним термоактиваційним прогином, **[що] який** свідчить про значну роль, яку відіграють ефекти **[ів]** локалізації в електротранспорті експериментального зразка [1].

При зниженні температури нижче за деяке характерне значення починається систематичне відхилення експериментальних точок від **{лінійної залежності}**, що може слугувати ознакою реалізації в системі переходу метал – діелектрик (МД) «андерсонівського» типу. **{Перехід Андерсона}** може відбуватися також і в речовинах, які не є аморфними, але які, одночасно, мають певний ступінь неупорядкованості [2]. У сполуках системи 1-2-3 роль такого фактора може відігравати розупорядкування лабільної компоненти.

Тому першим кроком до аналізу є побудова експериментальних залежностей в координатах  $\ln \rho \leftrightarrow 1/T$ . Ця процедура допоможе знайти на експериментальних залежностях ділянки, які відповідають термоактиваційному закону

$$\rho(T) \sim \exp(\Delta/k_B T), \quad (1)$$

де  $\Delta$  - деяка енергія активації,  $k_B$  - стала Больцмана.

Приклад температурних залежностей електроопору [отриманих на експериментальному устаткуванні в умовах] за різного гідростатичного тиску наведений на рис. 1.

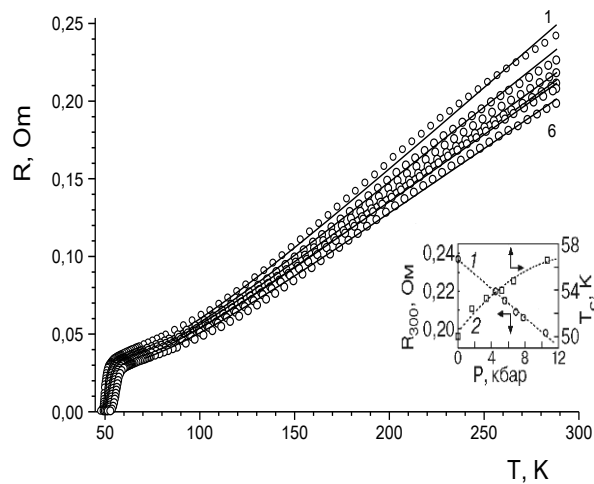


Рис. 1. Температурні залежності електроопору  $\rho_{ab}$  монокристалів  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  отримані при тиску 0; 2.9; 5.6; 6.9; 7.8 и 10,45 кбар – криві 1-6, відповідно. На вставці – баричні залежності  $T_C(P)$  і  $R_{300}(P)$ .

Для аналізу залежностей з лінійними і {термоактиваційним} ділянками іноді {пропонують} формулу:

$$\rho = \frac{\rho_0 + \alpha T}{1 - n[1 - \exp(-\Delta/k_B T)]} - \frac{\beta T_C}{T - T_C}, \quad (2)$$

де перший доданок описує металевий або напівпровідниковий температурний хід електроопору в нормальному стані, а другий – флуктуаційну надпровідність, що виникає при температурі вище резистивного переходу в нормальний стан;  $n$  і  $1-n$  – частки металеві  $\sigma_1$  і напівпровідникової  $\sigma_2$  провідностей, відповідно.

Користуючись значеннями параметрів, отриманих з аналізу кривих за допомогою формули (2), можна розділили вклади, що відповідають металевій і напівпровідниковій складовим провідності для всіх досліджених зразків.

$$\sigma_1 = \frac{1-n}{\rho_0 + \alpha T} \quad \text{і} \quad \sigma_2 = \frac{n}{(\rho_0 + \alpha T) \exp(-\Delta/k_B T)}. \quad (3)$$

## Експериментальне устаткування

Електрорезистивні властивості в умовах гідростатичного тиску вивчають [конують у] в камерах типу «циліндр-поршень». [Це] Таку камеру утворюють товстостінна циліндрична герметична посудина, яка заповнена середовищем, за звичай рідиною. З обох боків цієї посудини розташовані заглушки. Одна заглушка нерухома (обтюратор) і крізь неї проходять дроти від вимірювальної установки до зразка, а друга – поршень для створювання тиску. Для утримання в камері високого тиску застосовують ущільнювачі.

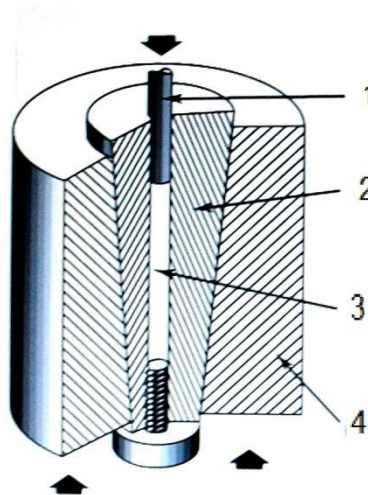


Рис. 2. Схематичний перетин камери Бріджмена: 1 – рухома заглушка; 2 – компенсатор- ущільнювач; 3 – робочий об'єм; 4 – корпус.

Максимальний тиск в камері визначається міцністю і межею пружності  $\sigma_s$  матеріал у[а] камери. Для більшості конструкційних матеріалів  $\sigma_s \sim (1 - 1,5)$  ГПа. В процесі зростання тиску в'язкість усіх рідин зростає, ще більше це стосується низьких температур. До того ж при низьких температурах з усіх матеріалів зберігають свої міцнісні характеристики тільки мартенситностаріючі сталі, нержавіючі сталі (хоча і без збереження достатньої міцності) і бронзи, у тому рахунку сама популярна марка БрБ2. Рідкі за кімнатною температурою середовища повинні уявляти суміш компонент, які мають різні температури замерзання. Це необхідно для поступового замерзання суміші [и], яка оточує зразок для уникнення його деформацій. Частіше за інші використовують суміші трансформаторне масло – керосин, пентан – ізопентан, суміші спиртів.

Величина тиску вимірюється за допомогою манганінового манометра, температура – мідь-константовою термопарою, яка вмонтована в зовнішню поверхню камери на рівні розміщення зразка.

Електрорезистивні вимірювання виконуються автоматизованим стендом аналогічно до попередньої лабораторної роботи.

### Завдання до роботи

1. На основі експериментальних даних побудувати температурні залежності опору. [ , аналогічні зображенням на рис.1.]
2. Побудувати [Проаналізувати температурні] залежності [в координатах]  $\ln \rho$  від  $[-] 1/T$  та проаналізувати їх з метою виявити . [ , які відповідають опису залежностей аналітичним виразом (1).]
3. Проаналізувати залежності за допомогою першого доданка формули (2).
4. За допомогою отриманих параметрів формули (2) побудувати температурні залежності металевих  $\sigma_1$  і напівпровідникового внеску  $\sigma_2$  до загальної провідності.
5. Проаналізувати температуру перетину цих залежностей і її зв'язок з величиною тиску.

### Контрольні питання

1. Яке фізичне явище називають [зветься] локалізація?
2. Чим обумовлені різні види температурних залежностей електроопору в умовах локалізації?

### Рекомендована література

1. Шкловский В. А.. Локализация и мезоскопические эффекты в металлах при низких температурах. Учебное пособие / В. А. Шкловский, В. И. Белецкий – Х. : ХНУ, 2012 – 70 с.
2. Мотт Н. Электронные процессы в некристаллических веществах / Н. Мотт, Э. Девис – Том 1. – М.: Мир, 1974. – Том. – 368 с.
3. Шкловский Б. И. Электронные свойства легированных полупроводников/ Б. И. Шкловский, А. Л. Эфрос – М.: Наука, 1979, - 416 с.