

УДК: 537.8 (07) (043)

Павліковський Б. ст. гр. КІ – 11, Кіт С. ст. гр. КІ – 11

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТРУМІВ У МЕТАЛАХ ТА ДІЕЛЕКТРИКАХ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ**

Науковий керівник: к.п.н., доцент Кульчицький В. І.

Pavlikovskyi B., Kit S.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

## **RESEARCH OF ELECTRIC CURRENTS IN METALS AND DIELECTRICS BASED ON A SYSTEM OF FUNDAMENTAL PHYSICAL CONCEPTS**

Scientific adviser: Ph.D., associate professor Kulchytsky V. I.

Ключові слова: тверде тіло, енергія Фермі, енергетичні зони.

Keywords: rigid body, Fermi Energy, energy zones.

Як відомо, основним станом твердого тіла є стан із найменшою енергією. Тому при температурі  $0^\circ K$  повинні бути заповнені електронами послідовно без проміжків всі енергетичні рівні, починаючи із рівня із найменшою енергією. Внаслідок скінченної кількості електронів є скінченний заповнений рівень із найбільшою енергією, а всі наступні рівні вільні. При температурах вищих за  $0^\circ K$  ця границя розмивається, оскільки у результаті теплового руху у деяких електронів енергія виявляється більшою граничної енергії при  $T = 0^\circ K$ , а у деяких - меншою. Тому деякі рівні енергії, які були при  $T = 0^\circ K$  вільними, стануть заповненими, а які були заповненими - вільними. Ширина перехідної області від практично повністю заповнених до практично повністю вільних енергетичних рівнів має порядок  $kT$ . Як відомо, розподіл електронів за енергіями при цьому характеризується функцією Фермі-Дірака:

$$f(E, T) = \{1 + \exp[(E - \mu)/(kT)]\}^{-1}, \quad (1)$$

де  $E$  - енергія електрона;  $\mu$  - енергія Фермі, яка залежить від температури.

Енергія Фермі визначається як енергія, при якій функція Фермі-Дірака дорівнює 0,5. Термоелектронна робота виходу  $\Phi$  зв'язана з енергією  $\mu$  рівня Фермі із (1) співвідношенням:  $\Phi = E_0 - \mu$ , (2)

де  $E_0$  - енергія електрона, який перебуває у спокої поза провідником у вакуумі. Для металів енергія Фермі є енергією електронів на рівні, який заповнений при  $T = 0^\circ K$  і вище якого рівні вільні. Для діелектриків енергія Фермі припадає на середину забороненої зони, яка лежить вище останньої, повністю заповненої зони, на цьому рівні електрон не може знаходитися, тобто, енергія Фермі не відповідає енергії якого-небудь реального електрона у діелектрику.

Отже,  $\Phi$  дорівнює роботі переміщення електрона із рівня Фермі за межі твердого тіла. Для металів це твердження має буквальный зміст, а для діелектриків дещо умовний, оскільки на рівні Фермі немає реальних електронів. Однак в обох випадках - це є робота для добування електрона із твердого тіла, проведена проти сил, які утримують електрони у твердому тілі. Тобто, електрони всередині твердого тіла

знаходяться у потенціальній ямі глибиною  $\Phi$ . Проміжок між рівнями  $E_n$  - провідності і  $E_v$  - валентності є забороненою зоною. Характер заповнення зон дозволяє пояснити чому діелектрики не проводять електричний струм, а метали, навпаки, проводять.

У діелектрика валентна зона повністю заповнена, а зона провідності повністю вільна. У зоні провідності у даному випадку електронів немає. Валентна ж зона заповнена електронами повністю. Електрони у валентній зоні можуть лише обмінюватися один з одним місцями (енергією), але не можуть взяти енергію від прикладеного зовнішнього електричного поля. Вони перебувають у тепловому русі, але не можуть впорядковано переміщатися під дією електричного поля.

Для металів у зоні провідності є і електрони і вільні місця. Тому у даному випадку електрони можуть бути носіями електричного струму.

На електронний газ поблизу поверхні твердого тіла діють кулонівські сили, які намагаються захопити електрони всередину тіла. Тому при наближенні поверхонь двох тіл настільки, щоб у проміжку між ними відбулось перекриття шарів електронного газу, тіла починають обмінюватися електронами.

Схеми утворення контактної різниці потенціалів між двома металами, між металом і діелектриком, та між двома діелектриками (рис. 1) показують відмінність в утворенні контактної різниці потенціалів між двома металами та між металом і діелектриком: Електричне поле не проникає всередину металу, але проникає на невелику глибину у діелектрику (на рис. 1 глибина проникнення позначена  $d_1$  і  $d_2$ ). Тому у діелектриків падіння потенціалу відбувається не тільки між поверхнями, але і частково у тонкому шарі всередині діелектрика поблизу його поверхні.

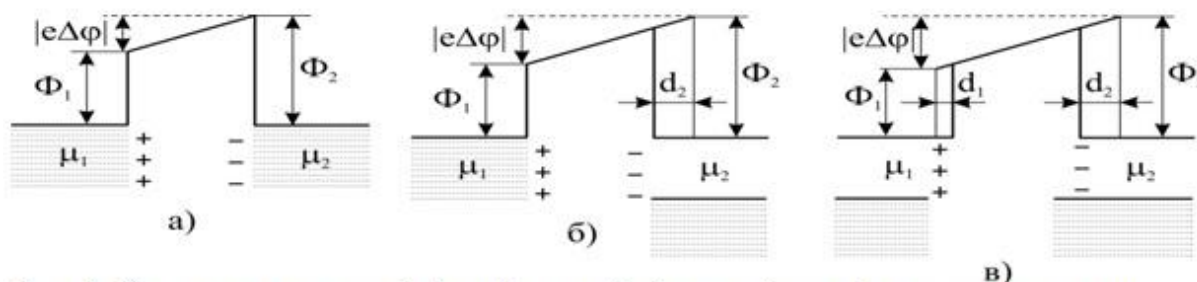


Рис. 1. Утворення контактної різниці потенціалів у проміжку між поверхнями метал-метал (а), метал-діелектрик (б), діелектрик-діелектрик (в)

Як видно із рис. 1, різниця між енергіями верхніх точок дорівнює  $\Phi_2 - \Phi_1$  і тому контактна різниця потенціалів між поверхнями тіл, що перебувають в електронній рівновазі, задається формулою:  $|\Delta\phi| = |\Phi_2 - \Phi_1|/|e|$ . Термоелектронна робота виходу  $\Phi$  зв'язана з енергією  $\mu$  рівня Фермі співвідношенням:  $\Phi = E_0 - \mu$ , де  $E_0$  - енергія електрона, що перебуває у спокої за межами провідника у вакуумі.

#### Список використаних джерел:

1. Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм : [учеб. пособие]. – М. : Высшая школа, 1983. – 463 с.
2. Парселл Э. Электричество магнетизм. Серия "Берклеевский курс физики" / Э Парселл. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983. – Т.2. – 416 с.
3. Савельев И. В. Курс общей физики: [учеб. пособие. В 3 – х т.] Т 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И. В. Савельев. – [3 – е изд., испр.]. – М.: Наука. Гл. ред. физ. – мат. лит., 1988. – Т.2. – 496с.