

Результати розрахунків можна використати при аналізі збіжності рядів теорії збурень, високотемпературних розкладів, локаторних розкладів.

The closed self-avoiding paths on a square lattice for 4,6,8,10,12,14,16,18 and 20 steps have been constructed using computer methods. The total number of diagrams with fixed perimeter length and their squares have been calculated.

1. Исихара А. Статистическая физика. М.: Мир.– 1973.– 471 с.
2. Ахиезер А.И., Бересгецкий В.Б. Квантовая электродинамика. М.: Наука. – 1981 – 432 с.
3. Фишер М. Природа критического состояния. М.: Мир. – 1969 – 221 с.
4. Займан Дж. Модели беспорядка. М.: Мир.– 1982.– 591 с.
5. Бэкстер Р. Точно решаемые модели в статистической механике. М.: Мир. – 1985. – 486с.
6. Fastenrath U. Numerical and analytical investigation of localization in magnetic fields // J. Phys.:C. – 1990. V. 2. - P.7123 – 7135.
7. Садовский М.В. Локализация в модели случайных фаз и в магнитном поле // ЖЭТФ. 1981. – Т. 80. – № 3. С.1135 – 1147
8. Srivastava V. A nearly exact method of solving certain localization problems/ J. Phys.:C. – 1989. - № 1. – P.4311 – 4322.
9. Furusak A. Anderson localization due to a random magnetic field in twodimension //Phys. Rev. Lett. 1999. V. 82 – № 3. – P 604 – 607.
10. Липский В. Комбинаторика для программистов. М.: Мир. 1988. 214с.

О.Я. Довгий, І. В. Калитчук

ТРИШАРОВО-ПОТИПОВА МОДЕЛЬ РУХЛИВОСТІ НОСІВ ЗАРЯДУ ПЛІВОК

За допомогою тришарової моделі Петрица застосованої окремо для р- і n-типу плівки PbSnTe зроблена оцінка рухливості носіїв заряду в плівці PbSnTe.

Для визначення вкладу поверхневих ефектів проаналізовано рухливість тонких плівок PbSnTe різної товщини.

Плівки PbSnTe вирощувались методом гарячої стінки [1] на поліамідній підкладці товщиною 25 мкм при температурі осадження 573К.

Одержані полікристалічні плівки мають кубічну структуру із переважаючою орієнтацією (001) до поверхні підкладки. Товщина плівок змінювалась від 3 до 25 мкм.

Плівки товщина яких менша 12 мкм мали р-тип провідності, а товстіші плівки були n-типу. Холлівська рухливість при температурі 86 К як функція товщини для плівок показана на рис. 1. З рисунка видно, що найбільш суттєва зміна рухливості носіїв струму характерна для товщин плівок від 5 до 10 мкм і від 13,5 до 20 мкм, які відповідають р-

типу і n-типу провідності відповідно. Для інших товщин плівок рухливість мало змінюється з товщиною.

Тришарова модель Петріца [2,3] (поверхневий, перехідний і об'ємний шар) для залежності рухливості від товщини має вигляд:

$$\mu(z) = \begin{cases} \mu_s, & 0 < z < d_{s1} \\ Az + B, & d_{s1} < z < d_{s2} \\ \mu_b, & d_{s2} < z < d \end{cases} \quad (1)$$

У нашому випадку для двох типів провідності плівок окремо (рис.2) отримаємо:

$$\mu^p(z) = \begin{cases} \mu_s^p, & 0 < z < d_{s1}^p \\ A^p z + B^p, & d_{s1}^p < z < d_{s2}^p \\ \mu_b^p, & d_{s2}^p < z < d^p \end{cases} \quad (2)$$

для плівок р-типу;

$$\mu^n(z) = \begin{cases} \mu_s^n, & 0 < z < d_{s1}^n \\ A^n z + B^n, & d_{s1}^n < z < d_{s2}^n \\ \mu_b^n, & d_{s2}^n < z < d^n \end{cases} \quad (3)$$

для плівок n-типу.

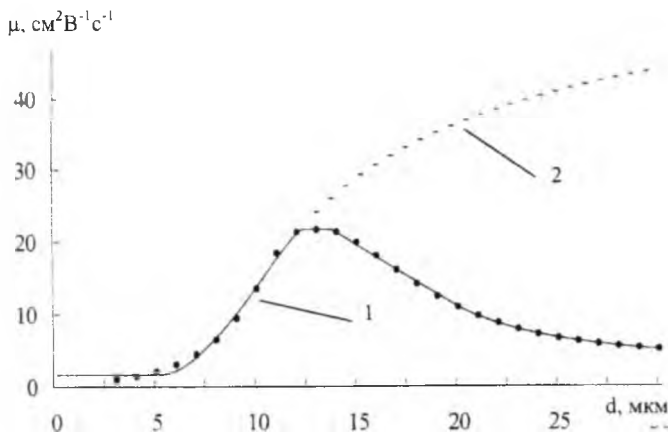


Рис.1 Залежність рухливості носіїв заряду для плівок PbSnTe від товщини: • - експериментальні точки;

1 - модельна апроксимація для плівок PbSnTe з р і n типом носіїв, описана системами рівнянь (7) і (8);

2 - модельна апроксимація для плівок р-PbSnTe, описана системою рівнянь (7).

Тут $\mu^p(z)$, $\mu^n(z)$ – локальні рухливості; μ_s^p , μ_b^p – рухливості поверхневих шарів товщинами d_{s1}^p , d_{s2}^p ; $A^p z + B^p$, $A^n z + B^n$ – залежності, що характеризують рухливість перехідних шарів товщинами d_{s2}^p , d_{s2}^n ; μ_b^p , μ_b^n – рухливості в об'ємі. Індекси p і n відповідно для плівок p - і n - типів.

Рухливість плівки товщиною d яка має шарувату структуру і один тип провідності визначається формулою:

$$\mu(d) = \int_0^d \mu(z) dz / d \quad (4)$$

Отже для плівок p -PbSnTe і n -PbSnTe відповідно отримаємо:

$$\mu^p(d^p) = \int_0^{d^p} \mu^p(z) dz / d^p \quad (5)$$

$$\mu^n(d^n) = \int_0^{d^n} \mu^n(z) dz / d^n \quad (6)$$

Тут d^p , d^n – товщини плівок p -PbSnTe і n -PbSnTe відповідно.

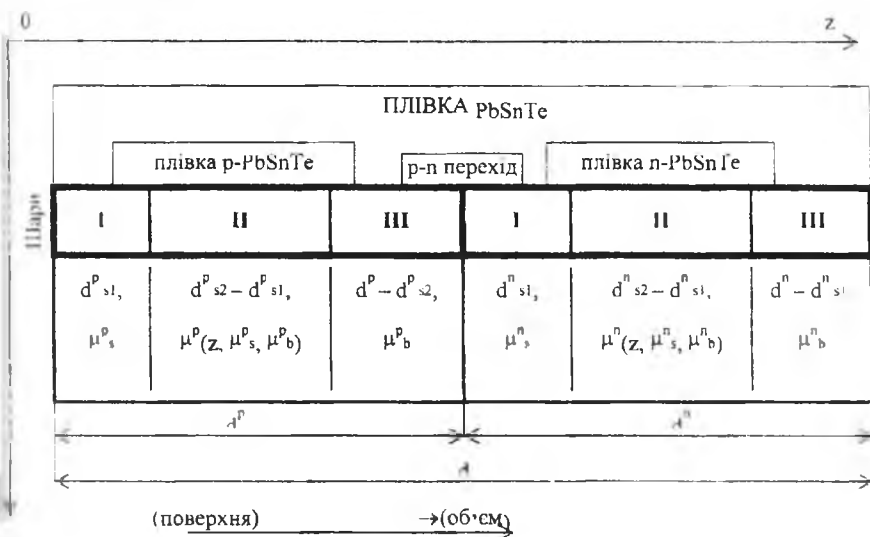


Рис.2. Тришарові моделі плівки PbSnTe p- і n- типу

Знайдемо за допомогою формул (5), (6) залежності рухливості від товщини плівки для p -PbSnTe і окремо для n -PbSnTe, підкладаючи вирази (2) в (5) і (3) в (6) відповідно:

$$\mu^n(d^p) = \begin{cases} \mu_s^p, & d^p < d_{s1}^p \\ \left[\mu_s^p d_{s1}^p + \frac{A^p}{2} (d^{p2} - d_{s1}^{p2}) + B^p (d^p - d_{s1}^p) \right] / d^p, & d_{s1}^p < d^p < d_{s2}^p \\ \left[\mu_s^p d_{s1}^p + \frac{A^p}{2} (d_{s2}^{p2} - d_{s1}^{p2}) + B^p (d_{s2}^p - d_{s1}^p) + \mu_b^p (d^p - d_{s2}^p) \right] / d^p, & d^p > d_{s2}^p \end{cases}, \quad (7)$$

$$\mu^n(d^n) = \begin{cases} \mu_s^n, & d^n < d_{s1}^n \\ \left[\mu_s^n d_{s1}^n + \frac{A^n}{2} (d^{n2} - d_{s1}^{n2}) + B^n (d^n - d_{s1}^n) \right] / d^n, & d_{s1}^n < d^n < d_{s2}^n \\ \left[\mu_s^n d_{s1}^n + \frac{A^n}{2} (d_{s2}^{n2} - d_{s1}^{n2}) + B^n (d_{s2}^n - d_{s1}^n) + \mu_b^n (d^n - d_{s2}^n) \right] / d^n, & d^n > d_{s2}^n \end{cases}. \quad (8)$$

Апроксимація експериментальних значень рухливості модельними представленнями для р- і n- типів плівки PbSnTe подана на рис. 1. кривою 1. Крива 2. - модельна залежність рухливості від товщини плівки р-PbSnTe для товщин плівок більших товщини d^p . При цьому характерні параметри для плівок р-PbSnTe і n- PbSnTe відповідно рівні: $d_{s1}^p = 5.25 \text{ мкм}$, $d_{s2}^p = 9,75 \text{ мкм}$, $\mu_s^p = 1602,053 \text{ см}^2 \text{V}^{-1} \text{с}^{-1}$, $\mu_b^p = 52500 \text{ см}^2 \text{V}^{-1} \text{с}^{-1}$; $d_{s1}^n = 0,001 (13,751) \text{ мкм}$, $d_{s2}^n = 6 (19,75) \text{ мкм}$, $\mu_s^n = 21710 \text{ см}^2 \text{V}^{-1} \text{с}^{-1}$, $\mu_b^n = 1260 \text{ см}^2 \text{V}^{-1} \text{с}^{-1}$.

Кисень, мігруючи по границях зерен [4], створює долаткові акцепторні стани в поверхневих шарах, що в значній мірі позитивно впливає на зменшення рухливості тонких плівок (рис.1).

Автори вдячні професору Фрейку Д.М. за постановку задачі досліджень і доценту Салію Я.П. за наукові консультації.

With the help of three-schistose Petrics model, which was applied separately for p- and n- films PbSnTe the estimation of charge carriers mobility in films PbSnTe is made.

1. Фреик Д.М., Галушак М.А., Межиловская Л.Й. Физика и технология тонких пленок Вища школа. – Львов. – 1988. – 182с.
2. Petritz R.L. Theory of an Experiment for Measuring the Mobility and Density of Carriers in the Space-Charge Region of a Semiconductor Surface //Phys. Rev. – 1958. V 110. №6. P 1254–1262.
3. Довгий О.Я. Тришарова модель електричних властивостей плівок халькогенідів свинцю // Фізика і хімія твердого тіла. – 2001. – Т.2. – №2. – С.325–327.
4. Салій Я.П., Мельник П.І., Довгий О.Я., Калинюк В.М., Розмірні ефекти в полікристалічних плівках PbTe // Фізика і хімія твердого тіла. – 2001. – Т.2. – №1. – С.161–163.