

УДК 539.234

В. Присяжнюк

**СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК ScCu_4**

Для одержання тонких плівок використовували об'ємні зразки ScCu_4 , які готували шляхом сплавлення вихідних компонентів високої чистоти ($\text{Sc} - 99,92\%$, $\text{Cu} - 99,99\%$) в електродуговій печі в атмосфері інертного газу (Ar). Плівки ScCu_4 одержували двома методами: резистивного напылення (вакуум 10^{-3} Па) і магнетронного розпылення мішеней в аргоновій атмосфері (робочий тиск 10^{-1} Па). Як підкладки використовували пластинки з ситалу. Температура підкладок становила 300 і 500 К. Хімічний склад плівок контролювали за допомогою приладу "Самебах". Структуру плівок досліджували на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-04-07. Для вимірювання електроопору тонких плівок використовували контактні площадки з міді, які одержували термічним напыленням на ситалові підкладки. Конфігурація контактних площадок та досліджуваних плівок задавалася відповідними трафаретами. Для поліпшення адгезії контактів на підкладки при $T = 500$ К заздалегідь напыляли підшар хрому. Електропровідність конденсатів досліджували в температурному інтервалі 160–400 К за допомогою електрометричного приладу В7Е-42. Температуру зразків контролювали мідь-константановою термопарою [1, 2].

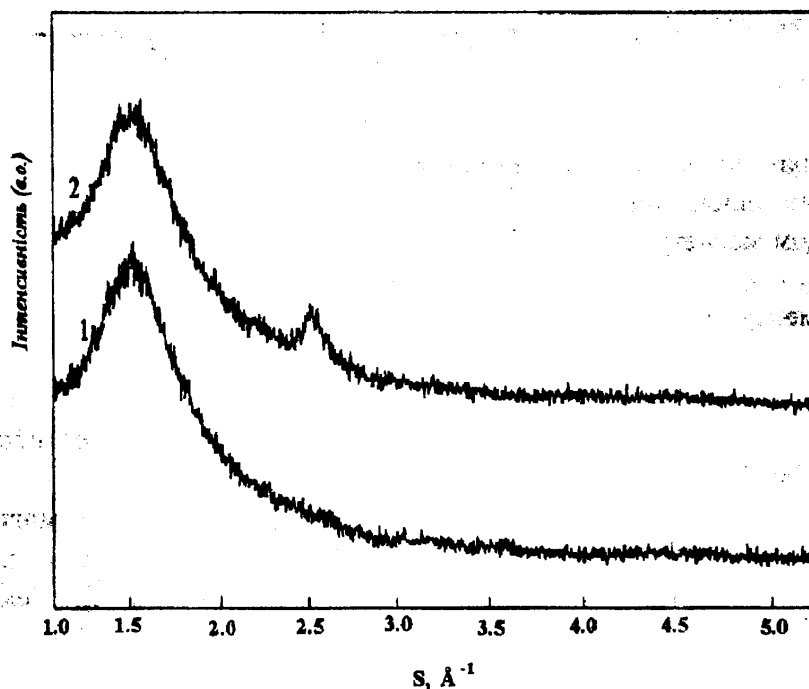


Рис. 1. Дифрактограми тонких плівок ScCu_4 , одержаних термічним напыленням – 1; магнетронним напыленням – 2.

На рис.1 зображено рентгенодифрактограми плівок, здобутих вакуумним напиленням (крива 1), а також сконденсованих методом магнетронного розпилення мішені в аргонівій плазмі (крива 2). Дифракційна картина від плівок ScCu_4 , одержаних термічним напиленням, в інтервалі значень векторів розсіювання $1 < S < 5 \text{ \AA}^{-1}$ ($S = 4\pi \sin\Theta/\lambda$) характеризується єдиним широким розмитим максимумом при $S = 1,49 \text{ \AA}^{-1}$ (див. рис. 1). Для плівок, здобутих за допомогою магнетронного розпилення, крім цього ж максимуму простежується ще й додатковий малоінтенсивний гострий пік при $S = 2,46 \text{ \AA}^{-1}$ (див. рис. 1, крива 2).

Значення питомого опору при $T = 300 \text{ K}$ для масивних зразків і плівок ScCu_4 , одержаних термічно, становили 10^{-5} і 10^{-4} Ом·см відповідно, а для плівок, одержаних шляхом магнетронного напилення – 10^{-1} Ом·см. Крім того, нами встановлено, що на величину питомого опору впливає температура підкладки (опір збільшується на один порядок при збільшенні T_n від 300 до 500 К).

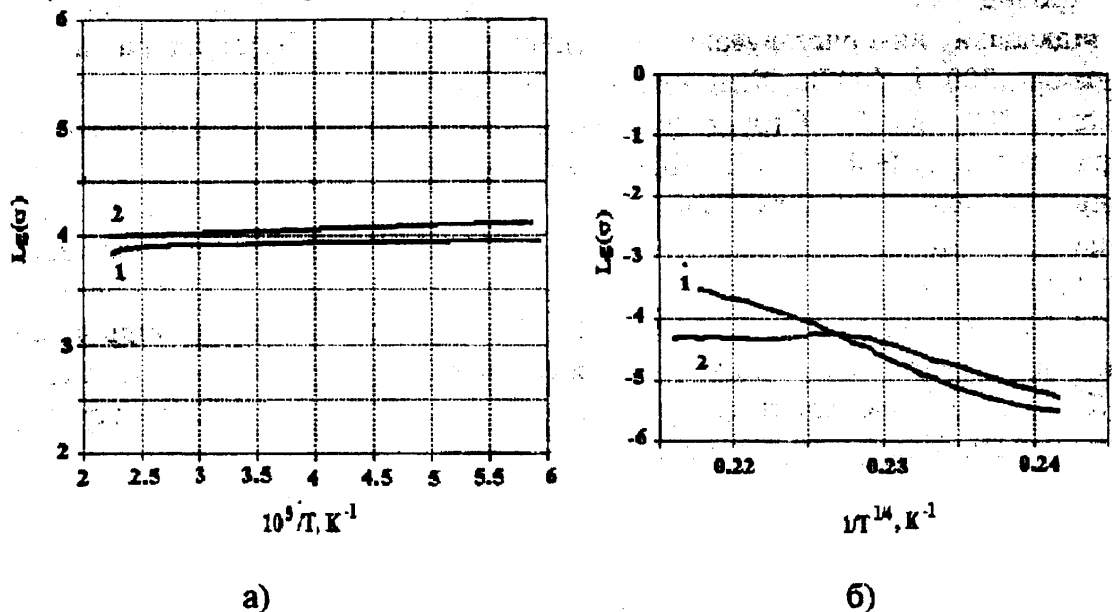


Рис.2. Температурні залежності електропровідності для плівок ScCu_4 , одержаних методом резистивного випаровування (а): 1 – $T_n = 300$, 2 – $T_n = 500 \text{ K}$; одержаних методом магнетронного напилення (б): 1 – $T_n = 300$, 2 – $T_n = 500 \text{ K}$.

Експериментальні залежності електропровідності від температури $\lg(\sigma) = f(10^3/T)$ для плівок ScCu_4 , одержаних двома методами, зображені на рис. 2 (а, б). Тонкоплівкові зразки, здобуті термічним напиленням, в інтервалі температур 100 - 500 К відзначаються металічним характером електропровідності зі значенням температурного коефіцієнту опору – $3,3 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Для тонкоплівкових конденсатів ScCu_4 , здобутих методом магнетронного розпилення, залежності $\lg(\sigma) = f(10^3/T)$ подібні до таких, які простежуються в структурно неупорядкованих напівпровідниках (див. рис. 2, б). Температурну залежність електропровідності плівок ScCu_4 , одержаних при $T_n = 300 \text{ K}$, характеризується двома ділянками. При $T > 250 \text{ K}$ її можна описати залежністю типу $\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E/kT)$, де ΔE – енергія активації провідності; k – стала Больцмана; T – температура. Величина ΔE , обчислена за тангенсом кута нахилу залежності $\lg(\sigma) = f(1/T)$ для цих зразків, становить 0,24 еВ. При $T < 250 \text{ K}$ ця залежність

переходить в іншу, складнішу, де температурна залежність електропровідності вже не описується єдиною енергією активації. Зображення цієї ділянки температурної залежності електропровідності в координатах Мотта $\lg(\sigma) = f(T^{-1/4})$ свідчить про наявність механізму стрибкового перенесення носіїв поблизу рівня Фермі [3].

Температурну залежність електропровідності для плівок, одержаних магнетронним напиленням при $T_n = 500$ К, можна розділити на три температурні ділянки. На ділянці $T < 250$ К електропровідність змінюється за стрибковим механізмом, при $250 < T < 350$ К реалізується активація носіїв у розповсюджені стани, а при $T > 350$ К спостерігається перехід до металічного ходу електропровідності.

Відмінності у характері поведінки електропровідності структурно неупорядкованих плівок ScCu_4 під час одержання різними методами можна пояснити з погляду особливостей їхнього структуроутворення на підставі даних рентгенівської дифракції. В процесі термічного напилення конденсатів у вакуумі на підкладках формуються однорідні за структурними фрагментами аморфні плівки, рентгенограми яких характеризуються єдиним широким розмитим максимумом. Водночас рентгенодифракційні дослідження зразків, здобутих магнетронним розпиленням мішені в аргоновій плазмі, наштотують на думку, що в таких матрицях може реалізуватися тенденція до мікрокомпозиційного розупорядкування. Вона, ймовірно, пов'язана з впливом неконтрольованих домішок на механізми зародження та росту плівок. Однією з можливих причин утворення мікрогетерогенної структури таких конденсатів може виступати хімічна взаємодія атомів Sc або Cu з неконтрольованою домішкою кисню (утворення в процесі розпилення квазікристалічних комплексів виду Sc_2O_3 , CuO і Cu_2O). Під час утворення таких комплексів структурно неупорядковану матрицю на основі ScCu_4 можна розглядати як мікрогетерофазну систему, електропровідність якої буде визначатися вагою окремих складників при процесах перенесення та розсіювання носіїв заряду.

1. Дуцяк І., Присяжнюк В., Козловський Ю. // Матеріал міжрегіональної науково-практичної конференції "Фізика конденсованих систем". Ужгород. 1998. С.91.
2. Присяжнюк В., Деркач В., Марголич І. // Матеріали 4 міжнародної конференції "Фізика і технологія тонких плівок". Івано-Франківськ. 1997. С.41.
3. Mott N., Davis Oxford E.: Clarendon Press, 1979.

V. Prisyazhnyuk

STRUCTURAL FEATURES AND ELECTRICAL PROPERTIES OF ScCu_4 THIN FILMS

The amorphous films of ScCu_4 compound by thermal evaporation and magnetron sputtering have been obtained. The structural behaviour and electrophysical properties of thin films have been investigated. The by evaporation obtained thin films are characterized by a metallic type of electrical conductivity as a bulk sample. Condensates obtained by magnetron sputtering have a semiconductor type of electrical conductivity.