

КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА І ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК ТЕЛУРУ

Досліджено електричні властивості і кристалічну структуру плівок Те, вирощених методами термічного та імпульсного лазерного напилення на NaCl та надтонких підкладках слюди.

Crystal structure and electrical properties of the Te-films, growth by the thermic and pulsed laser evaporation methods on NaCl and superfine substrates of isinglass, are investigated.

Основною тенденцією розвитку напівпровідникового приладобудування є мініатюризація електронного обладнання. В цьому процесі головну роль відіграють не масивні монокристали, а плівки і плівкові структури. На основі плівок виготовляється ряд унікальних приладів, інтенсивно досліджуються надгратки та структури з квантовими точками і дротами. Досягнення в цій області стали можливі завдяки розробкам в області технології виготовлення плівок, контролю їх характеристик і структури та теоретичним роботам, які дозволяють пояснити ті складні процеси, що відбуваються в таких об'єктах [1, 2].

Дослідження плівок телуру цікаві, адже на їх основі можуть бути виготовлені елементи електронної техніки, наприклад вже відомі тонкоплівкові транзистори, термодатчики, термобатарей [3, 4]. З іншого боку плівки телуру, як елементарного напівпровідника з вираженою анізотропією фізичних властивостей можуть бути модельним матеріалом для дослідження впливу умов формування на їх властивості. Перевагою телуру перед плівками бінарних і потрійних напівпровідникових сполук є те, що при виготовленні з нього плівок усувається проблема збереження стехіометричного складу.

Важливу роль при виготовленні плівок відіграють підкладки. Вони повинні задовольняти ряд вимог: гладкість поверхні, хімічний склад, стабільність властивостей, великий опір, висока механічна міцність та ін. В останній час багато уваги приділяється дослідженню впливу теплових коефіцієнтів лінійного розширення (ТКЛР) на властивості плівок. Неузгодженість ТКЛР плівки і підкладки приводить до того, що при охолодженні плівок після вирощування в них виника-

ють значні механічні напруги стиску або розтягу, в крайніх випадках це приводить до відділення плівки від підкладки або її розривів. Для нанесення плівок телуру слюда найбільше задовольняє вказаним вимогам [3]. Для зменшення напруг, які виникають в плівках, були використані підкладки з надтонкої слюди. Для виготовлення таких підкладок на пластинку слюди площею 20-30 см² наносився 10 %-й водний розчин желатину. Після висихання плівка желатину розриває слюду по окремих атомних площинах. Такі розриви відбуваються в різних частинах слюдяної пластини, тому від однієї пластини можна відділити, крім шару з желатином, ще кілька шарів придатних для нанесення плівок. Желатин із верхнього шару знімався шляхом розчинення його в гарячій воді, а інші шари використовувалися без додаткової обробки. Використовуючи таку методику, з однієї пластинки слюди можна виготовити десятки надтонких підкладок [5].

Нанесення плівок Те проводилося методом термічного напилення у вакуумі та імпульсного лазерного напилення (ІЛН) [6]. Термічне напилення проводилось у вакуумі 10⁻⁵-10⁻⁶ Тор. Імпульсне лазерне напилення проводилося з використанням АІГ лазера "Квант-12" ($\lambda=1,06$ мкм) у статичному вакуумі – 10⁻⁷ Тор. Температура підкладок підтримувалася в межах 150-250°C. Плівки наносили з використанням масок прямокутної форми з відростками для нанесення потенціальних зондів. Нанесення контактів на плівку проводилося шляхом напилення срібла через спеціальні маски. Товщина плівки вимірювалася багатопроменевим інтерферометром МІІ-11 і знаходилася в межах 0,5-0,6 мкм.

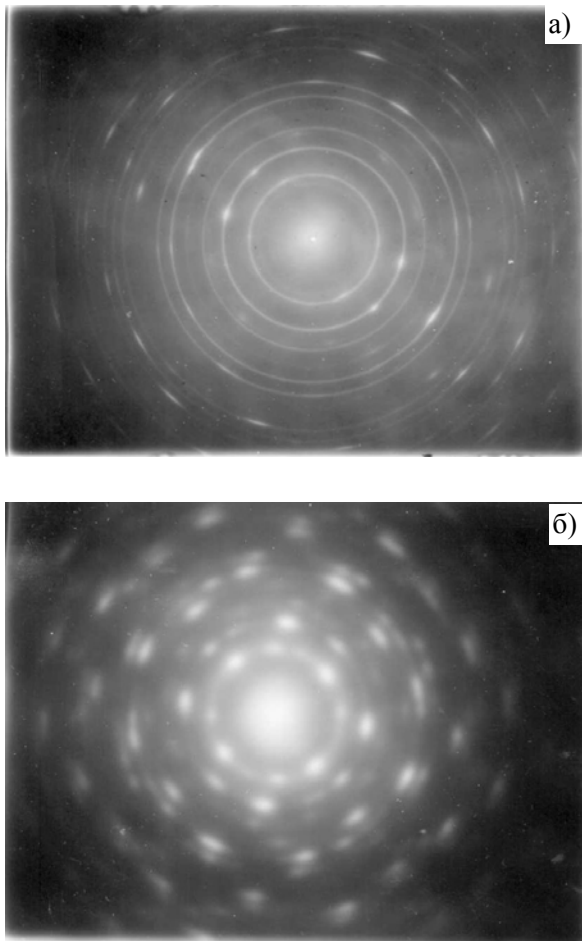


Рис.1. Електроннограми плівок Те: полікристалічна (а), текстура (б).

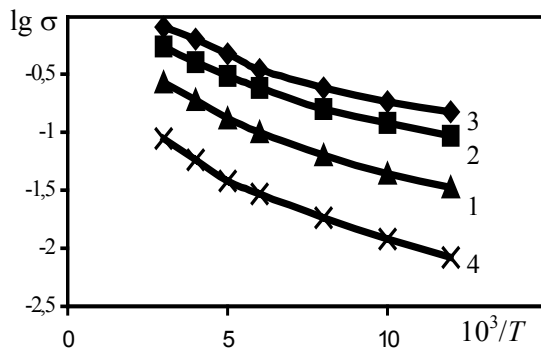


Рис.2. Температурна залежність електропровідності плівок Те, вирощених термічним напиленням при температурах підкладки 150°C (1), 200°C (2), 250°C (3) і вирощених методом ІЛН при температурі 200°C (4).

Важливим фактором, що впливає на властивості плівок, є їх кристалічна структура, яка в першу чергу визначається температурою підкладки, на яку вони наносилися. В залежності від температури підкладки можна отримати аморфні, полі- або монокристалічні плівки. Для дослідження кристалічної структури плівок вони на-

носилися на свіжі сколи NaCl. Відомо, що Те випаровується у вигляді окремих атомів, ланцюжків і кілець, а також комплексів Te_2 , Te_4 [3]. Осадиючи на підкладку, такі комплекси малорухливі і це затруднює одержання плівок з досконалою кристалічною структурою. Результати електронографічних досліджень структури плівок, вирощених методом термічного і лазерного напилення при температурі підкладки $T_{\text{п}}=150-250^\circ\text{C}$, зображено на рис.1. Плівки Те, вирощені методом ІЛН на підкладках NaCl при температурах до 150°C – аморфні, при підвищенні температури до 200°C – полікристалічні, а плівки, осаджені при температурі 250°C, – текстуровані. При термічному напиленні плівки, вирощені при температурі підкладки 150°C, – полікристалічні, а при $T_{\text{п}}=200^\circ\text{C}$ – текстуровані. Кристалізація плівок Те в методі ІЛН при більш високих значеннях $T_{\text{п}}$ може бути пояснена тим, що в цьому випадку швидкість осадження значно більша, ніж при термічному напиленні.

На рис.2. зображено результати дослідження температурної залежності питомої електропровідності σ плівок телуру (криві 1, 2, 3), вирощених термічним напиленням при температурах підкладки 150, 200 і 250°C. В цій області значень $T_{\text{п}}$ електропровідність плівок зростає з ростом температури, але значно відрізняється від аналогічної залежності монокристалічних зразків. Це може бути пояснено впливом границь зерен та виникненням потенціальних бар'єрів на границях блоків [3]. Такі потенціальні бар'єри виникають на границях блоків за рахунок захоплення плівкою кисню. Кількість молекул залишкових газів, які ударяються в 1 cm^2 площі за 1 с визначена з виразу $\nu = \frac{p}{\sqrt{2\pi m k T}}$, становить $3 \cdot 10^{15}$, де p –

тиск у вакуумній камері; маса молекул, k – постійна Больцмана, T – абсолютна температура.

Якщо врахувати, що до 20% залишкової атмосфери складає кисень, то навіть при коефіцієнті захоплення 0,1 вирощена плівка буде значно забруднена ним. Температурна залежність σ плівок, вирощених методом ІЛН при температурі 200°C, зображена на рис.2 (крива 4). У порівнянні з аналогічною залежністю для плівок, вирощених термічним напиленням, вони мають значно меншу електропровідність. З вимірювань ефекту Хола встановлено, що всі плівки володіють p -типом провідності, концентрація носіїв при $T=100\text{ K}$ знаходиться в межах $10^{16}-10^{17}\text{ cm}^{-3}$.

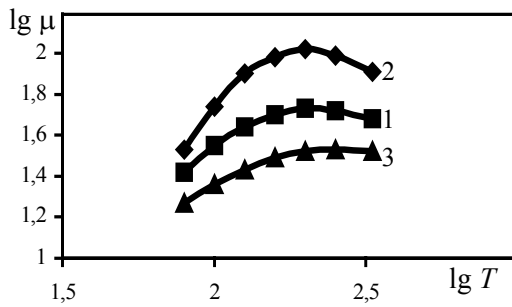


Рис.3. Температурна залежність рухливості плівок Те, вирощених термічним напиленням при температурах підкладки 150°C (1), 200°C (2), і плівок, вирощених ІЛН при температурі підкладки 200°C (3).

На рис.3 зображено температурну залежність холівської рухливості плівок Те, вирощених термічним напиленням (криві 1, 2) при температурах підкладки $T_{\text{п}}=150-200^{\circ}\text{C}$, і плівок, вирощених ІЛН (крива 3) при температурі підкладки $T_{\text{п}}=200^{\circ}\text{C}$. Для всіх плівок з ростом температури до 200 К холівська рухливість зростає. Для більшості напівпровідникових кристалів такий механізм має місце в області гелієвих температур при розсіянні носіїв на іонізованих домішках. У нашому випадку розширення області зростання $\mu(T)$ може бути пояснене розсіянням носіїв на потенціальних бар'єрах у плівках [3].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. М.: Мир, 1989.
2. Алферов Ж.И. // История и будущее полупроводниковых гетероструктур. - ФТП. - 1998. - 32, №1. - С.3-11.
3. Вигдорович В.Н., Ухлинов Г.А., Чиботару Н.И // О термической ширине запрещенной зоны в тонких пленках теллура. ФТП. - 1978. - 12, №9. - С. 1816-1820.
4. Даттон Р.В., Мюллер Р.С. // Электрические свойства тонких пленок теллура. Технология толстых и тонких пленок. Под ред. А. Рейсмана, К. Роуза. - М.: Мир, 1972. - С.162-170.
5. Механизм роста монокристаллических пленок РbТе на слюде / Палатник Л.С. Косевич В.М. Зозуля Л.П. и др. ФТТ. - 1969. - 11. - 9. - С.2586-2589.
6. Волянська Т.А. Грицюк Б.М. Нічий С.В. Методика та особливості вирощування плівок лазерним випаровуванням в статичному вакуумі // Науковий вісник ЧДУ. - Вип.29. Фізика. - Чернівці: ЧДУ, 1998. - С.60-65.