

**ВАКУУМНЕ АНОДНЕ НАПИЛЕННЯ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД СИНТЕЗУ ПЛІВОК
ZnCdTe.**

Телурид кадмію унікальний серед інших халькогенідів, в яких використовуються напівпровідникові властивості, тим, що має найменшу ентальпію утворення, найнижчу температуру плавлення, найбільший параметр ґратки і найвища ступінь іонності. Його електронна структура вказує на амфотерну поведінку що дозволяє отримувати провідність n- і р-типу. Усі ці фактори служать доповненням до його майже ідеальної оптичної ширини забороненої зони та коефіцієнта поглинання, роблячи його найкращим матеріалом для тонких плівок приладів сучасної нелінійної оптоелектроніки та сучасних сонячних батарей, а також датчиків рентгенівського та ядерного випромінювання.

Для отримання тонких плівок телуриду кадмію використовують різні методи. Найбільш поширеним є метод випаровування сполуки стехіометричного складу у вакуумі. Для практичної реалізації цього метода має значення спосіб підведення енергії до речовини. Наші дослідження показують ефективність проведення технологічного процесу отримання надтонких шарів твердого розчину $Zn_xCd_{1-x}Te$ методом вакуумного анодного наплення при використанні різних умов випаровування речовини. Для проведення процесів синтезу шарів у системі ZnCdTe була використана промислова установка УРМ 3.279.014.

Ефективність технологічного процесу вакуумного наплення та електрофізичні властивості шарів, що в ньому отримують, суттєво залежать від вибору та умов функціонування системи випарників. Дійсно, саме ці системи обладнання відповідальні за формування необхідних потоків речовини до підкладок та забезпечують задану швидкість наплення, кристалографічні та фізичні параметри поверхні шарів, які вирощуються.

Однорідне випаровування халькогенідів цинку чи халькогенідів кадмію з подальшою їх епітаксіальною конденсацією простіше забезпечити при випаровуванні з анода. Нами доведено, що в такому випадку на швидкість випаровування впливає тільки один технологічний параметр процесу синтезу – анодний струм.

Реалізація метода вакуумного анодного випаровування відбувалась двома шляхами: опосередкованим нагрівом матеріалу чи безпосередньо електронами, які проводять анодний струм. Електрони, поглинаючись чи матеріалом анода, чи безпосередньо матеріалом-джерелом, викликають розігрів і стимулюють процес випаровування та формування потоку речовини до підкладки. Істотним є те, що керуючи швидкістю випаровування речовини на джерелі, маємо можливість впливати на швидкість конденсації (росту) шарів на підкладці.

Перший шлях передбачав створення системи, в якій внутрішня частина анода виконує функцію комірки Кнудсена, отвір якої формує потік атомів до підкладки. Зовнішня поверхня комірки знаходиться в умовах бомбардування потоком електронів, що емітуються з нагрітого кільцевого катода. Термокотод був виготовлений із вольфрамового дроту діаметром $d=0,3\pm 0,5$ мм та закріплений навколо анода. Така геометрія електродів системи забезпечувала необхідні умови бомбардування потоком електронів поверхні комірки, а при розміщенні кільця термокатода над анодом з'являлася можливість спрямувати електрони безпосередньо на зразок матеріалу, що випаровується.

Класичним випадком для випаровування із комірки Кнудсена є її нагрів тепловим випромінюванням. Проте досить високі температури, які необхідні для ефективного сублімації сполуки $Zn_xCd_{1-x}Te$, забезпечуються досить складною системою нагрівних елементів із дорогих тугоплавких матеріалів. Для економії енергії та усунення впливу потужного теплового випромінювання на допоміжні елементи установки в умовах промислового виробництва потрібні ще й складні та дорогі екрани. Наші дослідження, направлені на здешевлення технології, проводились з використанням тонкого вольфрамового кільця, форма якого не була строго регламентована. Знайдені умови та режими роботи вольфрамового катода для комірки Кнудсена, виготовленої з різних хімічно стійких матеріалів.

Опосередкований нагрів анода не може забезпечити чистоту осажденої плівки для деяких технологічних процесів виготовлення сучасних електронних пристроїв саме через хімічну взаємодію при високих температурах робоча речовина із стінками комірки. Тому наші дослідження також проводились для системи безпосереднього нагріву електронами. Як показали експерименти обладнання для анодного випаровування може бути спрощеним, хоча режими роботи відповідають нестійкій динамічній рівновазі між різними фазами матеріалу, який випаровується.

Вузол випарника, який забезпечував випаровування з анода при безпосередньому електронному бомбардуванні зразка основного матеріалу, що напильється, включає в себе мідні катодотримачі,

вольфрамовий термокатод, кварцовий тигель. Розігрів робочої речовини, яка завантажувалась у кварцовий тигель дрібною фракцією (до 0,1 мм), проводився електронним струмом із термокатада. Величину швидкості випаровування та її стабільність на протязі процесу синтезу також контролювали, підтримуючи сталою потужність струму, тобто значення сили струму та різницю потенціалів на проміжку катод-анод.

Проходження анодного струму крізь ростову систему відбувалося від центрального вольфрамового електрода, який був впаяний у нижній частині кварцового тигля. У процесі синтезу були виконані спостереження за можливістю запилення кварцового тигля на рівні центрального електрода. Експерименти показали, що вона відсутня. Тому можна стверджувати про неможливість проникнення парів робочої речовини в цю частину системи та про незначний розігрів кварцової арматури. Це забезпечило відсутність небажаних хімічних реакцій, які могли б змінити чистоту матеріалу, що випаровується, та впливати на оптичні властивості структури напленої плівки.

В проведеному циклі експериментів була виявлена можливість розширення діаграми направленості пари робочої речовини з метою підвищення однорідності наплення на підкладку промислового зразка. Результат цих досліджень зображено на рис. 1.

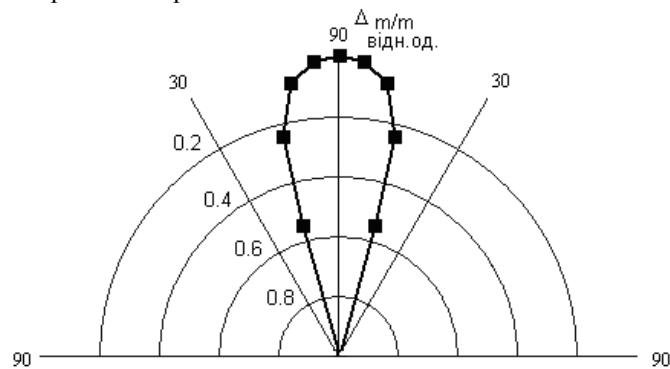


Рис. 1. Діаграма направленості потоку маси компонентів від випарника до підкладки при анодному струмі в системі 4.5 мА.

Проведено дослідження по визначенню режимів та умов стабільної роботи вузла безпосереднього нагріву робочого матеріалу, а також по керуванню потоком пари робочої речовини з метою досягнення відтворюваності результатів в умовах динамічної рівноваги та розробки технології виготовлення багаточарових структур для приладів сучасної оптоелектроніки.

РУДНІЦЬКИЙ Валентин Анатолійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- вакуумні технології отримання плівок та покриттів;
- термодинаміка процесів синтезу багатокомпонентних фаз.

Тел.: (0412) 374617

E-mail: org_rva@us.ztu.edu.ua