

*Москвін П.П., д.ф.-м.н., професор,
Рудніцький В.А., к.ф.-м.н., доцент,
Хоменко І.М., асистент,
Житомирський державний технологічний університет*

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНИХ СПЕКТРІВ ПОВЕРХНІ ГЕТЕРОСТРУКТУР ZnS $CdTe-Si$, ОСАДЖЕНИХ АНОДНИМ ВАКУУМНИМ НАПИЛЕННЯМ

Тонкі плівки на основі твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}Te$ застосовуються в якості активних середовищ для різних оптоелектронних приладів. У роботі твердий розчин $ZnCdTe$ осідав на підкладку з Si за методом вакуумного анодного напилення. Для кількісного опису морфології поверхні плівок і порівняння їх кристалографічної якості застосовувався мультифрактальний аналіз (МФА).

Плівки твердих розчинів для виконання порівняльного аналізу були отримані методом анодного розпилення в вакуумі. Змінними параметрами процесу осадження матеріалу з газової фази були час осадження і температура підкладки. Основною метою проведених експериментів було виконання порівняльного аналізу мультифрактальних спектрів від синтезованих шарів з аналогічними параметрами для поверхні композиції, сформованої методом «гарячої стінки». Ці дані необхідні для підтвердження гіпотези, що параметри мультифрактальних спектрів, а відповідно і фрактальної структури поверхні шарів відтворюється, якщо температурні умови фазоутворення на підкладці, а також швидкість її росту, незалежно від методу осадження, підтримуються однаковими.

Особливу увагу при проведенні експериментів по синтезу шарів приділялося строгому контролю температурних умов процесу і забезпеченню заданої швидкості росту. Експериментами було показано, що визначальним фактором, що задає швидкість осадження шару, є умови функціонування випарника. В роботі для досліджень щодо забезпечення отримання відтворюваних швидкісних умов зростання шарів було використано набір різного роду конструкцій випарювальної комірки. При цьому різні її конструкційні рішення забезпечували як непрямий розігрів вихідної шихти при бомбардуванні поверхні тигля пучком енергетичних електронів, так й умови безпосереднього впливу на матеріал, що розпилюється, електронного пучка. Проведені експерименти показали, що умови безпосереднього впливу на шихту електронного потоку призводило до суттєвого зростання швидкості випаровування речовини. Однак такий режим роботи джерела опинявся важко відтворюваним не тільки від експерименту до експерименту, а й протягом одного і того ж процесу синтезу через зміни стану поверхні, що випаровується, в умовах бомбардування поверхні шихти. Вирішення задачі точного контролю швидкості випаровування, а відповідно й швидкості росту, було знайдено при поверненні до повільного квазірівноваженому режиму випаровування, коли вихідна шихта розігрівається електронним бомбардуванням поверхні тигля.

Товщину отриманих плівок вимірювали за допомогою механічного профілометра ALPHA STEP 100 (Tencor Instruments). Морфологію структур досліджували методами атомно-силової мікроскопії (AFM) (Nanoscope Dimension 3000, фірма Digital Instruments, США) в режимі періодичного контакту. Отримані AFM зображення поверхні шарів оброблялися чисельними методами відповідно до положень МФА. Як параметри порівняння стану поверхонь служили числа Реньє D_0 і параметр фрактальної впорядкованості Δ . Проведені експерименти дозволили отримати залежності зазначених МФ параметрів від температури на підкладці. Отримані дані за параметрами МФ спектрів порівнювалися з аналогічними параметрами поверхні для шарів, що були отримані методом «гарячої стінки».

Аналіз отриманих результатів показав, що тенденції зміни МФ параметрів при використанні порівнюваних методів синтезу є одними й тими ж. При цьому кількісні відмінності в величинах чисел Реньє для одних температур на підкладці знаходяться на рівні 0,03 за абсолютною величиною, а для параметра фрактальної впорядкованості – на рівні 0,05. Якщо взяти до уваги статистичний характер МФА і точність визначення величин МФ параметрів, хоча б, за рахунок зміни положення площі поверхні, що використовуються для МФ розрахунків, то можна визнати, що незалежно від методу синтезу, але при забезпеченні однакових термодинамічних умов фазовідтворення, МФ спектри від поверхневих наночасток при синтезі шарів в системі $ZnCdTe - Si$ все ж є однаковими.

Отримані результати дозволяють висловити припущення, що саме ступеневі функції, що лежать в основі МФА, можуть претендувати на систему функцій, які описують стан поверхні на нанорівні.