

УДК 539.12.04

Ю. Нікіфоров, Б. Ковалюк, В. Мочарський, А. Сорочак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ЛАЗЕРНА УДАРНО-ХВИЛЬОВА ОБРОБКА НАНОПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Порошкові матеріали використовуються у багатьох галузях промисловості. Напівпровідникові порошки надзвичайно важливі у мікро- та наноелектроніці, особливо у оптоелектроніці та газовій сенсоріці. Тому створення нових та покращення існуючих порошкових матеріалів має велике практичне значення.

Перспективним напрямком для вдосконалення порошкових матеріалів є спосіб лазерної ударно-хвильової обробки. Така модифікація дозволяє отримувати необхідні властивості в глибині матеріалу, що мінімум як на порядок більше, ніж глибина обробки працюючого в режимі вільної генерації лазера.

В роботі розглянуто результати лазерної ударно-хвильової обробки нанопорошкових матеріалів.

В якості оброблюваного матеріалу використовувався нанопорошок ZnO. Опромінення здійснювалося за допомогою неодимового лазера ГОС-1001, що працював в режимі модульованої добротності. Тривалість лазерного імпульсу становила 50 нс, потужність випромінювання – 5×10^8 Вт/см². Обробку проводили з використанням мідного екрану, який повністю захищав нанопорошок від термічної дії лазерного імпульсу. На поверхню екрану наносили епоксидну смолу, що виконувала роль прозорого конденсованого середовища, для обмеження розльоту плазми, збільшення часу взаємодії плазми з екраном та підвищення амплітуди тиску лазерної ударної хвилі.

Проведені математичні розрахунки показали, що створюваний на поверхні мідного екрану тиск становить декілька ГПа.

Дослідження морфології нанопорошку та мідного екрану до і після обробки проводили за допомогою растрової електронної мікроскопії.

Аналіз фотографій з електронного мікроскопу показав, що лазерна ударно-хвильова обробка привела до зменшення ступеня конгломерації нанопорошку ZnO.

Незвичайна картина була виявлена при аналізі фотографій зворотної сторони мідного екрану. Після опромінення уся поверхня вкрилася великою кількістю пор. Діаметр пор становить близько 1 мкм, глибина пор також біля 1 мкм в центрі опроміненої ділянки. Кількість, діаметр та глибина пор зменшується від центру опромінення до країв мідного екрану.

Існує два можливих механізми пошкодження поверхні. Перший пов'язаний з вдавлюванням конгломератів нанопорошку в екран, оскільки твердість ZnO є більшою, ніж твердість міді. Другий пов'язаний з вириванням частинок із зворотної сторони мідного екрану при лазерному опроміненні внаслідок відкольного ефекту. Останнє підтверджується енергодисперсійним аналізом нанопорошку ZnO після обробки, який показав наявність в ньому міді (0,56 – 0,78 мол. %).

Отримані експериментальні результати потребують подальших досліджень з метою виявлення точного механізму пошкодження поверхні.