

УДК 539.12.04

**Ю. Нікіфоров, Б. Ковалюк, О. Сіткар**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РОЛІ ОРІЄНТУВАННЯ НАНОТРУБОК ПРИ ЇХ ЛАЗЕРНОМУ ВПРОВАДЖЕННІ В МЕТАЛЕВУ ПІДКЛАДКУ**

Вуглецеві нанотрубки завдяки своїм електричним, емісійним та механічним властивостям широко вивчаються як майбутні об'єкти мікроелектроніки та мікромеханіки. На сьогодні навчилися виготовляти трубки довжиною до десятків мікрометрів за діаметром близько декількох нанометрів. Включаючи нанотрубки у різні сплави, можна суттєво змінювати їх механічні та електричні властивості [1]. Один із способів впровадження нанотрубок у твердотільну матрицю (підкладку) - лазерне впровадження шляхом опромінення через прозорий екран. В даній роботі розглядається задача моделювання впливу орієнтації окремих шарів нанотрубок на процес їх впровадження в підкладку. Модель побудована на основі експериментальних результатів імплантації нанотрубок в алюмінієву підкладку за допомогою лазера, що працює в режимі модульованої добротності [2, 3].

Моделювання процесу опромінення для наших експериментальних умов показало, що якби шари нанотрубок були суцільними, і щільно прилягали один до другого, то ні матриця, ні найнижчі шари нанотрубок, які знаходяться в безпосередньому контакті із алюмінієвою матрицею, не повинні прогрітись до температури, достатньої для імплантації. Однак, це суперечить картині, що спостерігалась на експерименті, здійсненому за допомогою електронного мікроскопу та вимірювань термоерс. Шляхом оцінок, проведених на основі моделювання температурного поля із використанням методу фіктивних джерел, було встановлено, що для початку плавлення поверхні алюмінію цілком достатньо 4-5% енергії лазерного імпульсу, що застосований в наших експериментах.

На основі цього розроблена модель, яка враховує особливості нанесення вуглецевих нанотрубок на поверхню підкладки, кількість шарів нанотрубок та їх взаємне розташування на поверхні підкладки.

При моделюванні було враховано насипний характер нанотрубок і можливість проникнення внаслідок цього лазерного випромінювання безпосередньо на поверхню підкладки. Також враховано, що оскільки вуглецеві нанотрубки неоднорідно розподілені по товщині зразка, то окремі їх шари зміщені один відносно іншого і мають, таким чином, неоднакову кількість нанотрубок.

Література:

1. О.М.Назаров, М.М.Нищенко Наноструктури та нанотехнології, К.:НАУ, 2012. - 248с.
2. Yuriy Nikiforov. Modeling of implantation of carbon nanotubes into solid substrate / Yuriy Nikiforov, Mihajlo Nischenko, Bogdan Kovalyuk, Oksana Manyovska. — Book of abstracts of European Materials Research Society „E-MRS 2010 Fall Meeting”. – Warsaw (Poland) September, 2010.
3. Ю. Нікіфоров. Впровадження нанотрубок в твердотільну матрицю за допомогою потужного лазера із модульованою добротністю / Ю. Нікіфоров, Б. Ковалюк, В. Гладь, О. Маньовська // Прогресивні технології та прилади: збірник статей. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – Випуск 1. – С. 136–146.