Гуцул О.В., Слободян В.З.*

АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ДІАМАНТОВИХ НАНОЧАСТИНОК

Кафедра біологічної фізики та медичної інформатики
Вищий державний навчальний заклад України
«Буковинський державний медичний університет»
Кафедра електроніки і енергетики
*Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича**

Наноматеріали є перспективними для застосування у широкому спектрі галузей науки та техніки, включаючи біотехнології та біологічні науки, зокрема медицину. Протягом останнього десятиліття широко досліджені антибактеріальні властивості наночастинок металів, таких як срібло, мідь, золото та оксид титану *(L. Armelao et al., 2007; M. Niu et al., 2009; D. M. Aruguete et al., 2010; M. Valodkar et al., 2011.)* і деякі з них були використані для біомедичного застосування *(M. Rai et al., 2009; K. Chaloupka et al., 2010)*.

Наночастинки діаманту (ДНЧ) - це новий клас матеріалів, які відрізняються тим, що вони, як правило, демонструють хорошу біосумісність з еукаріотичними клітинами *(Schrand et al., 2007, 2009)*. Повідомляється про взаємодію діамантових наноматеріалів з бактеріальними клітинами та підтверджується висока стійкість поверхні тонких плівок нанокристалічного діаманту до бактеріальної колонізації. Показано, що ДНЧ, як правило, приєднуються до зовнішніх клітинних структур, як *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* та *Escherichia coli (Sawosz et al., 2011; Beranova et al., 2012)*. Під час дослідження діамантового матеріалу у вигляді наночастинок виявили його антибактеріальні властивості, автори припустили, що ДНЧ входять у клітини і тим самим руйнують їх. Встановлено, що антибактеріальний ефект залежнить від концентрації часинок та обумовлений співвідношенням ДНЧ та кількістю бактеріальних клітин. Концентрація ДНЧ вище 50 мг/мл (37 нг на клітину) викликає повне гальмування росту бактерій.

Проведена оцінка впливу розміру та поверхні ДНЧ на їх антибактеріальну активність проти *Escherichia coli* та *Bacillus subtilis (J. Beranova, et al, 2014).* Методом трансмісійної електронної мікроскопії показано, що ДНЧ взаємодіє з поверхнею бактерій та ймовірно впливає на життєво важливі функції клітини (рис.1). Загалом, *E. coli* виявляє підвищену чутливість до ДНЧ, ніж *B. subtilis*. Проте, колонії *B. subtilis* вели себе по різному, а саме змінювали розмір та морфологію у присутності ДНЧ різних розмірів. Антибактеріальна активність залежила не тільки від концентрації ДНЧ, але й від величини та форми ДНЧ. ДНЧ розміром 5 нм виявили найбільшу ефективність проти *E. Coli*. Антибактеріальна активність ДНЧ розміром 18-50 нм була вищою проти *B. subtilis*.

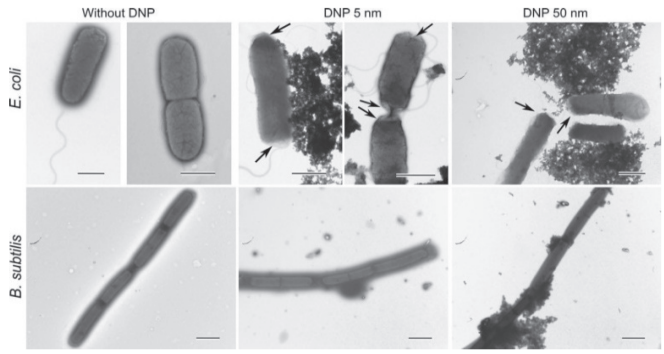

Рис. ТЕМ-зображення клітин *E. coli* та *B. subtilis* у присутності та без ДНЧ.

Антибактеріальний ефект наночастинок полягає в основному у їх прямій взаємодії з клітиною та з порушенням її основних метаболічних функцій. Однак точні механізми антибактеріальної дії наночастинок, відсутні у зв'язку із складністю їх інтерпретації та носять швидше дискусійний або гіпотетичний характер. Проте очевидно, що подальші експериментальні дослідження, зокрема в електромагнітних полях, необхідні для перевірки висунутих припущень.

Клепіковський А.В., Махрова Є.Г.

ВИКОРИСТАННЯ 3D ДРУКУ В МЕДИЦИНІ

Кафедра біологічної фізики та медичної інформатики
Вищий державний навчальний заклад України
"Буковинський державний медичний університет"

3-D принтер – це спеціальний пристрій для виведення трьохвимірних даних. 3D-принтер дозволяє виводити тривимірну інформацію, тобто створювати певні фізичні тіла. В основі технології 3D-друку лежить принцип пошарового створення (нарощення) твердої моделі. Види 3-D принтерів:

Лазерний 3-D принтер. Лазерна стереолітографія: ультрафіолетовий лазер поступово, піксель за пікселем, засвічує рідкий фотополімер, або фотополімер засвічується ультрафіолетовою лампою через фотошаблон, який змінюється з новим шаром. При цьому рідкий полімер твердне і перетворюється в досить міцний пластик.

Струменевий 3-D принтер: Застигання матеріалу при охолодженні - роздавальна головка видавлює на охолоджуючу платформу-основу краплі розігрітого термопластика. Краплі швидко застигають і злипаються один з одним, формуючи шари майбутнього об'єкта.

Біопринтери: друк 3D-структури майбутнього об'єкта (органу для пересадки) проводиться стовбуровими клітинами. Далі поділ, зростання і модифікації клітин забезпечує остаточне формування об'єкта.

Використання 3D принтера в медицині: трьохвимірні моделі, які створюються на основі комп'ютерної томографії та інших видів комп`ютерних діагностик, в комплексі із трьохвимірним друком є найсучаснішим незамінним досягненням в області медицини, тобто являють собою золотий стандарт діагностування. 3D моделювання дозволяє створювати об`ємні моделі: скановане трьохвимірне зображення органів пацієнта за допомогою програм забезпечення для 3D друку перетворюється в трьохвимірні тверді моделі. Об'ємні тверді моделі дозволяють більш якісно вивчити особливості хвороби, а також надають можливість підготуватися до проведення складних операцій.

На кафедрі біологічної фізики та медичної інформатики проводиться дослідження в напрямку сканування та друку біологічних об`єктів. Так було взято проскановане за допомогою комп'ютерної томографії хворе серце пацієнта, після чого за допомогою програм SOLIDWORKS 3D CAD та Magic дане зображення було оброблено та надрукована 3D модель цього серця на 3D-принтері компанії Stratasys моделі Connex 1 Object 260, що дало змогу більш детально і наглядно вивчити хворе серце. На даний час продовжується робота в даному напрямку на нашій кафедрі, створюються 3D моделі органів та опорно-рухового апарату людини, готові для друку на 3D-принтері, з метою використання в якості медичних імплантів та у сфері протезування, а також для візуалізації органів у навчальному процесі вищого державного навчального закладу «Буковинський державний медичний університет». І це не майбутнє – це сьогодення!

Шафранюк В.П.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛАКСАЦІЇ МЕХАНІЧНИХ НАПРУГ НАВКОЛО ЛОКАЛЬНИХ ПОШКОДЖЕНЬ МЕТОДОМ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ ДИФРАКЦІЙНОЇ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ

Кафедра біологічної фізики та медичної інформатики
Вищий державний навчальний заклад України
«Буковинський державний медичний університет»

Фізичні закономірності процесу релаксацій механічних напруг у планарних контактних структурах дають можливість вирішити проблему збереження структурної досконалості напівпровідникових матеріалів, що є необхідною умовою для створення якісних планарних технологій. При сучасній мікромініатюризації напівпровідникових пристроїв потрібно знати, на якій відстані слід розміщувати робочі елементи від скрайбованих рисок, оскільки поля деформацій впливають на оптоелектричні параметри даних пристроїв. Дані, які відомі по динамічним властивостям дислокацій у напівпровідниках, одержані в основному, виходячи з вимірювання швидкості руху дислокацій під дією постійної у часі напруги, тоді як утворення дефектів у реальних напівпровідникових структурах виникає у полі змінних напруг. Отже, дослідження процесу релаксації локальних механічних напруг є актуальним. Метод рентгенівського дифракційного муару (РДМ) є надзвичайно чутливим до незначних відносних деформацій (10^{-4} – 10^{-8}) та поворотів (0,1 – 0,001) атомних площин і дозволяє з високою точністю вимірювати абсолютні значення довжини хвиль та періодів кристалічних решіток, визначати показники заломлення та дисперсійні поправки різних речовин.

За своєю універсальністю метод РДМ значно перевищує усі відомі рентгенівські дифракційні методи. Саме тому у даній роботі використовується метод (РДМ) для вивчення релаксації полів деформацій в реальних кристалах, які виникають навколо локальних пошкоджень (відбитків індентора, подряпин, лазерних ушкоджень – кратерів) у поверхневих шарах кремнію і германію при різних температурах відпалу.

Дослідження проводилось на зразках інтерферометрах, виготовлених з досконалих монокристалів кремнію і германію. Досліджувані окремі інтерферометри частково містили структурні муарові смуги і були безмуаровими, тобто досконалими. Локальні механічні пошкодження у поверхневих шарах на вихідній поверхні кристал-аналізатора кремнію, германію орієнтації (111), (100), (110) моделювали з допомогою відбитків мікротвердості, подряпин і лазерних пошкоджень. Муарові картини отримувалися в CuKα-випромінюванні з допомогою скануючої камери вздовж вектора дифракції. Відбитки й подряпини наносились алмазним індентором на мікротвердомірі на вихідну поверхню кристал-аналізатора інтерферометра в різних кристалографічних напрямах при різних навантаженнях. Лазерне пошкодження поверхні, яке проявлялося у вигляді кратера, проводилося з допомогою неодимового лазера на поверхні аналізатора (111).

Метод РДМ дає можливість з високою точністю визначати далекодіючі поля зміщень і деформацій атомних площин кристалу на значних відстанях від системи подряпин і лазерних пошкоджень, тим самим відтворити реальну функцію локальних розорієнтацій деформованої області кристалу, яку можна використати для теоретичного розрахунку з використанням рівнянь Такагі муарових картин. Встановлено, що релаксація полів деформації навколо механічних пошкоджень (відбитків, подряпин і лазерних кратерів) відбувається навіть за кімнатної температури, а також за температур відпалу від 473 К до 1273 К. Низькотемпературна релаксація є результатом зміщення атомів через ослаблення хімічних зв'язків, а високотемпературна є результатом руху дислокацій у площинах {111} і напрямках <110>. Знання деформованої області від скрайбованих рисок дає можливість правильно проектувати інтегральні схеми, розташовуючи їхні елементи не ближче 150 мкм від краю подряпини.