

НЕРАЗРУШАЮЩЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПОКРЫТИЙ ZnO МЕТОДОМ ИНДЕНТИРОВАНИЯ

Айзикович С.М., Николаев А.Л., Садырин Е.В., Кренев Л.И.

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону
saizikovich@gmail.com*

Проблема исследования свойств неоднородных материалов привлекает внимание многих исследователей своей актуальностью и сложностью, как математически, так и экспериментально. В настоящее время наноиндентометры являются высокоточными приборами, позволяющими проводить неразрушающих испытаний тонких неоднородных покрытий. Но интерпретация результатов таких испытаний все еще находится в стадии разработки. Авторы предлагают метод определения механических характеристик покрытий по результатам наноиндентирования. Для анализа упругих свойств тонкого покрытия необходимо определить зависимость величины жесткости основания от размера области контакта. Для математического описания процесса индентирования предложена эффективная математическая модель, основанная на решении контактной задачи теории упругости о вдавливании индентора в упругое полупространство с покрытием. Предполагается, что в поверхность упругого полупространства, состоящего из неоднородного по глубине слоя (покрытие) конечной толщины и однородного полупространства (подложка), вдавливается недеформируемый конический индентор.

В качестве модельных образцов для теоретико-экспериментального исследования были выбраны покрытия ZnO на Si (001) подложках, полученные с использованием импульсного лазерного напыления. Точное определение механических свойств антибактериальных покрытий ZnO играет важную роль в проектировании имплантатов, ведь именно они контактируют с живыми тканями. Это помогает минимизировать травмирование тканей, и, как следствие, улучшить остеоинтеграцию. Измерение толщины покрытия производилось на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Zeiss Crossbeam 340 с помощью детектора Эверхарта-Торнли. С использованием рентгеновской энергодисперсионной спектроскопии на СЭМ было проведено исследование элементного состава покрытий.

Для оценки механических свойств покрытий и подложки была проведена серия экспериментов по наноиндентированию на установке Nanotest 600 Platform 3. Проведено сопоставление теоретических кривых изменения модуля Юнга системы покрытие-подложка и результатов наноиндентирования. Можно отметить хорошее совпадение результатов в области малого разброса экспериментальных данных. Из результатов наноиндентирования определено значение модуля Юнга (250 ГПа) двух покрытий ZnO (430 нм и 650 нм), полученных методом импульсного лазерного напыления на подложках Si (001).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (номер проекта 22-19-00732). Экспериментальные работы проведены в РЦКП НОЦ «Материалы» ДГТУ (<https://nano.donstu.ru>).