

Автор выражает благодарность за помощь в проведении Н.В. Тарасовой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Choi, E.K. Fabrication of multiwalled carbon nanotubes-reinforced Sn nanocomposites for lead-free solder by an electrodeposition process / E.K. Choi, K.Y. Lee, T.S. Oh // Journal of Physics and Chemistry of Solids. – 2008. – V. 69. – P. 1403-1406
2. Дьяков, И.А. Процесс нанесения цинковых покрытий из электролитов с добавками наноуглерода для повышения защитной способности от коррозии / Д.Н. Симагин, Ю.В. Литовка, И.А. Дьяков // Нанотехника. – 2014. – №3(39). – С. 20 – 23.
3. Симагин, Д.Н. Метод нанесения наномодифицированных цинковых гальванических покрытий для защиты металлов от коррозии / Д.Н. Симагин // Наноматериалы и нанотехнологии: Проблемы и перспективы: II Международная заочная научная конференция, Саратов: электронное научное издание.– ФГУП НТЦ «Информрегистр», Депозитарий электронных изданий. – 2013. – С. 147 – 150.
4. Литовка, Ю.В. Использование наноматериалов в электрохимических покрытиях / Д.Н. Симагин, Ю.В. Литовка, А.Г. Ткачев, И.А. Дьяков // I Международной научной конференции «Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение», г. Тамбов. – 2015. – С. 206-207.
5. Симагин, Д.Н. Процесс получения наномодифицированных цинковых покрытий с повышенной равномерностью / Д.Н. Симагин, Ю.В. Литовка // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – №4. С. 886 – 889.
6. Jeon, Y.S. Electrodeposition and mechanical properties of Ni–carbon nanotube nanocomposite coatings / Y.S.Jeon, J.Y. Byun, T.S. Oh // J. Phys. Chem. Sol. - 2008. - V. 69. - P. 1391–1394.
7. S. Arai, A. Fujimori, M. Murai, M. Endo Excellent solid lubrication of electrodeposited nickel-multiwalled carbon nanotube composite films // Materials Letters. - 2008. - V. 62. P. 3545–3548.
8. Chen, X.H. Corrosion behavior of carbon nanotubes–Ni composite coating / X.H. Chen, C.S. Chen, H.N. Xiao, F.Q. Cheng, G. Zhang, G.J. Yi // Surface & Coatings Technology. - 2005. - V. 191. P. 351– 356.
9. Shi, L. Electrodeposition and characterization of Ni–Co–carbon nanotubes composite coatings / L. Shi, C.F. Sun, P. Gao, F. Zhou, W.M. Liu // Surface & Coatings Technology. - 2006. - V. 200. - P. 4870 - 4875.
10. Guo, Ch. The effects of pulse–reverse parameters on the properties of Ni–carbon nanotubes composite coatings / Ch. Guo, Y. Zuo, X. Zhao, J. Zhao, J. Xiong // Surface & Coatings Technology. - 2007. - V. 201. - P. 9491–9496
11. Мищенко, С.В. Углеродные наноматериалы, Производство, свойство, применения / С.В. Мищенко, А.Г. Ткачев – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СМЕСЕЙ НАНОЧАСТИЦ В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕМНОПОЛЬНОЙ И ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ

IDENTIFICATION OF NANOPARTICLES MIXTURES IN HUMAN CELL CULTURE USING DARK-FIELD AND HYPERSPECTRAL MICROSCOPY

Данилушкина А.А., Ахатова Ф.С., Фахруллин Р.Ф.

Danilushkina A.A., Akhatova F.S., Fakhrullin R.F.

Россия, Казанский федеральный университет, anchutka124@gmail.com

Мы сообщаем об использовании темнопольной микроскопии и гиперспектрального анализа для быстрого и эффективного обнаружения смеси наночастиц в культуре клеток человека. В отличие от обычных подходов, темное поле и гиперспектральное изображение позволяют вести прямое наблюдение и картирование распределения наночастиц в живых клетках в условиях окружающей среды.

Мы использовали клетки A549 (карцинома легких человека), инкубированные с несколькими видами наночастиц, а именно: золото, серебро, оксид титана, наночастицы оксида цинка и углеродные нанотрубки. Чтобы визуализировать наночастицы внутри клеток, мы сначала фиксировали клетки на покровных стеклах и окрашивали ядра клеток, инкубированных наночастицами, красителем DAPI в течение 5 минут. После фиксации образцов мы использовали вертикальный микроскоп Olympus BX51, оснащенный усиленным конденсором темного поля CytoViva®, камерой DAGE CCD и объективом с флюоритом 100×, для получения темнопольных и гиперспектральных изображений непосредственно образцов наночастиц. Кроме того, в клетках проводился гиперспектральный анализ данных и картирование наночастиц.

Мы получили темнопольные изображения человеческой клеточной культуры (Рис.1). Кроме того, гиперспектральные изображения клеток были получены с использованием программного обеспечения ENVI 4.8 (Exelis Visual Information Solutions, Inc., Boulder, CO). Последующий анализ трехмерного массива гиперспектральных данных и картирование наноматериалов позволил исследовать распределение и квази-количественное распределение наночастиц в клеточных культурах. Мы смогли отличить различные типы наночастиц на основе гиперспектральных библиотек, собранных с использованием образцов с каждым видом наночастиц отдельно.

Мы демонстрируем обнаружение различных наночастиц в культурах человеческих клеток на основе темнопольных изображений и соответствующего гиперспектрального картирования.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров и финансировалось грантом Президента России МД-6655.2018.4.

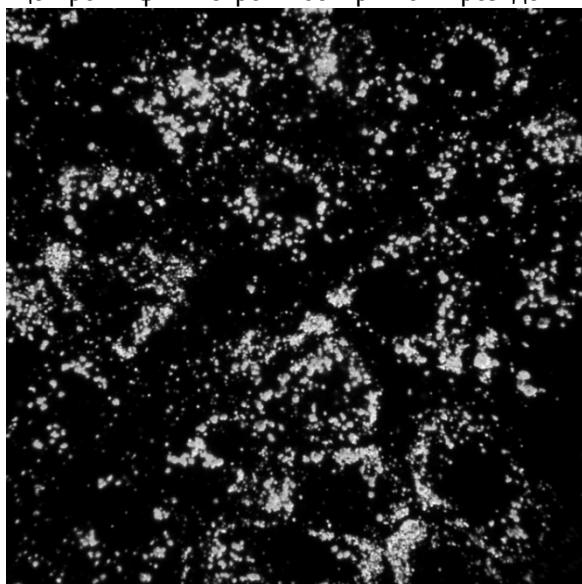


Рис.1 Клетки A549 с наночастицами серебра и золота.