

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)



ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР

**Сборник научных статей
3-й Международной конференции**

23-25 мая 2017 года

ТОМ 2

в 2-х томах

Курск - 2017

УДК 54+534
ББК В22
Ф50

Физика и технология наноматериалов и структур: сборник научных статей 4-й Международной научно-практической конференции (23-25 мая 2017 года); Юго-Зап. гос. ун-т., в 2-х томах, Том 2, Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017, - 305 с.

ISBN 978-5-9500275-1-2

Содержание материалов конференции составляют научные статьи отечественных и зарубежных ученых. Излагается теория, методология и практика научных исследований в области физики, нанотехнологий.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР, специалистов, преподавателей, студентов и аспирантов вузов.

Материалы в сборнике публикуются в авторской редакции.

Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Проект №.17-02-20194 Г «Проект организации III Международной научно-практической конференции «Физика и технология наноматериалов и структур»

ISBN 978-5-9500275-1-2

УДК 621+658+685
ББК У9(2)0-55

© Юго-Западный государственный
Университет
© ЗАО «Университетская книга», 2017
© Авторы статей, 2017

<i>А.И. Тихонов, М.Н. Шипко, В.В. Коровушкин, М.А. Степович, Е.С. Савченко, Б.А. Староверов</i> МАГНИТОИМПУЛЬСНАЯ НАНОСТРУКТУРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ СПЛАВОВ Fe-Si-B И МАГНИТОМЯГКИХ СТАЛЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ	140
<i>Е.В. Якушко, Д.Г. Муратов, Л.В. Кожитов, Коровин Е.Ю., А.П. Кузьменко, А.А. Березина, И.И. Ляпин</i> ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ NiCo/C.....	146
СИНТЕЗ, СТРУКТУРА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНЫХ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ.....	153
<i>С.С. Бельх, К.В. Ерин</i> ОСЛАБЛЕНИЕ И РАССЕЯНИЕ СВЕТА В МАГНИТНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ.....	153
<i>В.М. Полуниин, П.А. Ряполов, К.С. Рябцев, Е.А. Соколов, Г.В. Карпова, А.Н. Худяков</i> ДИНАМИКА ЗАХВАТА НАНОДИСПЕРСНОЙ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСЬЮ ВОЗДУШНОЙ ПОЛОСТИ, УПРАВЛЯЕМАЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ	157
<i>Чеканов В.В., Кандаурова Н.В., Чеканов В.С.</i> ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ И СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИЭЛЕКТРОДНОГО НАНОСЛОЯ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ	163
<i>И.А. Шабанова, А.М. Стороженко, А.О. Танцюра, И.М. Арефьев</i> НЕКОТОРЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОДИСПЕРСНЫХ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ.....	169
<i>Г.В. Шагрова, В. И. Дроздова, М. Г. Романенко</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ МИКРОКАПЕЛЬ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ.....	176
<i>С.С. Кошкин, А.О. Танцюра, И.А. Шабанова, А.М. Стороженко</i> ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ВЕЛИЧИНЫ РОТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА В МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ.....	182
<i>О.Н. Лабкович, А.Г. Рекс, В.А. Чернобай</i> ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ДИССИПАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В МАГНИТОЖИДКОСТНОМ ДЕМПФЕРЕ	186
РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ	190
<i>О.Е. Kaipoldayev, A.D. Muradov, Y.S. Mukhametkarimov, R.R. Nemkayeva, G.A. Baigarinova, M.B. Aitzhanov, N.R. Guseinov</i> TITANIUM CARBIDE OBTAINED BY MAGNETRON SPUTTERING OF CARBON ON HEATED TITANIUM SUBSTRATE.....	190

<i>Д.Г. Батрышев, Е. Ерланулы, Т.С. Рамазанов Х.А. Абдуллин, М.К. Досболаев, М.Т. Габдуллин</i> ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ПОРОШКОВОГО НОСИТЕЛЯ КАТАЛИЗАТОРА НА РОСТ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	195
<i>А.И. Илларионов, М.С. Иванов, К.Ю. Иваненко</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОДНООСНЫХ КРИСТАЛЛОВ ПО УГЛОВОЙ СТРУКТУРЕ ВТОРОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ГАРМОНИКИ.....	201
<i>В.М. Полуниин, П.А. Ряполов, Е.В. Шельдешова, А.В. Бريدский</i> СМЕЩЕНИЕ И КОЛЕБАНИЯ СТОЛБИКА МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ В НАСЫЩАЮЩЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ	207
<i>С.А. Третьяков, И.А. Каплунов, А.И. Колесников, А.И. Иванова</i> ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ИЗЛУЧЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ	215
<i>Г.В. Шляхова, С.А. Баранникова, Л.Б. Зуев, А.В. Бочкарева</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРЫ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО КАБЕЛЯ.....	220
<i>П.В. Абакумов, Н.А. Рожков</i> КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ В РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТАХ	223
<i>А.И. Колесников, И.А. Каплунов, И.В. Талызин, С.С. Рыбина, М.С. Воронцов, Н.В. Айдинян, П.В. Иванова</i> ФЛУКТУАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ РАСПЛАВА В ТИГЛЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КРИСТАЛЛОВ СПОСОБОМ ЧОХРАЛЬСКОГО ...	228
ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ.....	235
<i>А.К. Адрьшев, Г.К. Даумова, А.А. Хайруллина, Н.В. Серая</i> ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСНОГО СОРБЕНТА	235
<i>А.И. Жакин, А.Е. Кузько, П.А. Белов, С.С. Занин</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В РАЗРАБОТКЕ И СОЗДАНИИ УСТРОЙСТВ 3D ПЕЧАТИ ЖИДКОСТЕЙ В РАЗРАБОТКЕ И СОЗДАНИИ УСТРОЙСТВ 3D ПЕЧАТИ.....	241
<i>Е.А. Жуков, А.П. Кузьменко, В.И. Жукова</i> ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАГНИТНЫХ И ПРОДОЛЬНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В YFeO ₃ ПРИ ДВИЖЕНИИ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ.....	245
<i>Р.М. Калмыков, Б.С. Карамурзов, А.М. Кармоков, Х.Х. Калажиков, З.Х. Калажиков</i> СТРУКТУРНЫЕ И ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ PbTe, ЛЕГИРОВАННОГО CdSe.....	250

REFERENCES

1. N.J. Archer, *Thin Solid Films*. 80, 221 (1981).
2. L.E. Toth, *Transition Metal Carbides and Nitrides* (New York: Academic Press: 1971).
3. G. Persson, *J. Met. Prog.* 97, 81 (1970).
4. R. Buhl, H.K. Pulker, E. Moll, *Thin Solid Films*. 80, 265 (1981).
5. R.J. Hecht, R.R. Mullyaly, *J. Vac. Sci. Technol.* 12, 850 (1975).
6. R.F. Gentile, K.K. Chin, L.F. Donaghey, *Planseeberichte fflir Pulvermetal.* 26, 172 (1978).
7. J.E. Sundgren, B.O. Johansson, S.E. Karlsson, H.T.G. Hentzell, *Thin Solid Films*, 105, 367-384 (1983).
8. B.H. Lohse, A. Calka, D. Wexler, *Journal of Alloys and Compounds*. 434, 405-409 (2007).
9. Tao Hu, Jiemin Wang, Hui Zhang, Zhaojin Li, Minmin Huab, Xiaohui Wang, *Phys.Chem.Chem.Phys.* 17, 9997 (2015).
10. U. Balachandran, N.G. Eror, *Journal of Solid State Chemistry*. 42, 276-282 (1982).
11. R. W. G. Wyckoff, *Crystal Structures* (New York: Second edition: Interscience Publisher., 1963).
12. R. W. G. Wyckoff, *The Second edition of Structure of Crystals* (New York: Chemical Catalog Company: 1931).

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ПОРОШКОВОГО НОСИТЕЛЯ КАТАЛИЗАТОРА НА РОСТ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Д.Г. Батрышев^{1,3}, Е. Ерланулы^{1,3}, Т.С. Рамазанов², Х.А. Абдуллин³,
М.К. Досболаев², М.Т. Габдуллин³

¹Лаборатория инженерного профиля, КазНУ им. аль-Фараби,
Казахстан, 050040 Алматы, пр. аль-Фараби, 71

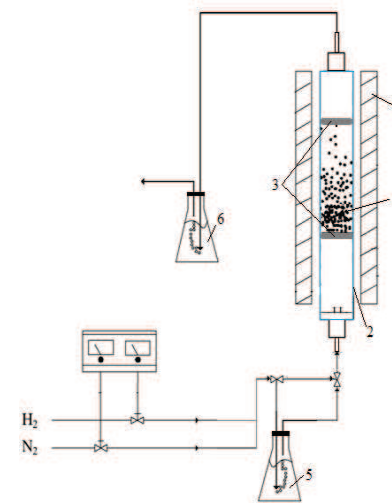
²Научно-исследовательский институт экспериментальной и
теоретической физики, КазНУ им. аль-Фараби,
Казахстан, 050040 Алматы, пр. аль-Фараби, 71

³Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа,
КазНУ им. аль-Фараби, Казахстан, 050040 Алматы, пр. аль-Фараби, 71

На сегодняшний день углеродные наноматериалы, в том числе углеродные нанотрубки (УНТ), представляют большой интерес для прикладного приложения, обусловленный их уникальными физическо-химическими свойствами [1-3]. Применение УНТ настолько разнообразно, что их используют в строительстве (упрочнение легких материалов) [4,5], в энергетике (топливные элементы) [6-8], в электронике (дисплеи, транзисторы, суперконденсаторы и компьютеры на основе УНТ и т.д.) [9-11], в медицине (лечение онкологических заболеваний) [12-14] и т.д. Существуют различные методы получения УНТ, одним из которых является метод химического осаждения углерода в псевдо-кипящем слое (FBCVD) на поверхности порошкового носителя катализатора [15-18]. Преимущество данного метода в производительности УНТ в больших объемах и в возможности широкого спектра контроля параметрами процесса синтеза. Известно, что производительность УНТ будет зависеть

от различных факторов, в том числе и от дисперсности порошкового носителя катализатора. Таким образом, в настоящей работе будет рассмотрено влияние дисперсности порошкового носителя катализатора на рост углеродных нанотрубок в методе FBCVD.

Синтез УНТ на поверхности порошкового носителя катализатора осуществляется на установке, представленной на рисунке 1. Схема установки, как видно из рисунка состоит из вертикально расположенной печи (1) и кварцевой трубки (2) вдоль ее оси, стрелками указаны направление потока транспортных газов водорода и азота. Внутри кварцевой трубки расположены керамические пористые таблетки (3), которые контролируют псевдо-кипящий подвижный слой (4) в области изотермической зоны. До псевдо-кипящего реактора располагаются барботер с этанолом (5) и панель управления транспортными газами, а после псевдо-кипящего реактора стоит водяная ловушка (6).



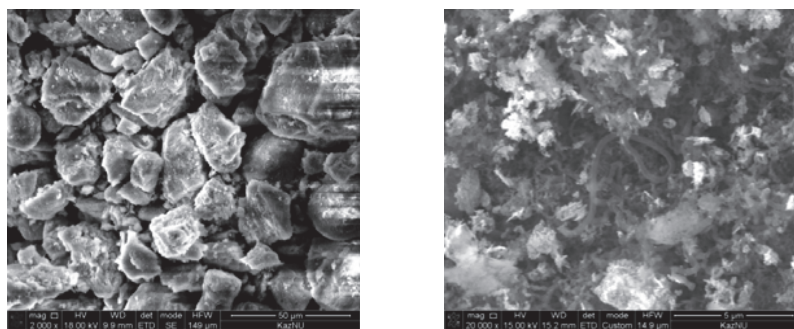
1 – печь, 2 – кварцевая трубка, 3 – керамические пористые таблетки, 4 – подвижный слой (порошок), 5 – барботер с этанолом, 6 – водяная ловушка

Рисунок 1 – Схема установки для синтеза УНТ методом CVD в псевдо-кипящем слое

Синтез УНТ на CVD установке с псевдо-кипящим реактором проводился в атмосфере водорода и азота в течение 2 часов при температуре 800⁰С. Источником углерода были пары этанола. В качестве подвижного слоя были использованы порошки оксида титана (TiO₂, средний диаметр ~ 200-300 нм), оксида магния (MgO, средний диаметр ~ 20-50 мкм) и микрочастицы цеолита натрия с низкой дисперсностью ~ 10-220 мкм и с более высокой дисперсностью ~ 1-5 мкм, а в качестве катализатора Ni/Co.

Для разделения порошкового носителя катализатора на различные фракции использовали методы механической и плазменной сепарации [19, 20].

Первоначально синтез УНТ проводили на порошках оксида титана (TiO_2 , средний диаметр $\sim 200-300$ нм) и оксида магния (MgO , средний диаметр $\sim 20-50$ мкм) с каталитическим нанослоем. На рисунке 2 представлены СЭМ изображения полученных образцов после синтеза УНТ на поверхности подвижного слоя $MgO/Ni/Co$ в псевдо-кипящем реакторе. СЭМ анализ полученных образцов показывает отсутствие заметного осаждения УНТ на поверхности порошка $MgO/Ni/Co$, тогда, как на поверхности стенки реактора наблюдается частичное осаждение УНТ с диаметрами порядка 50 нм и углеродных волокон с диаметрами порядка сотни нанометров.



а – морфология частиц $MgO/Ni/Co$ после синтеза б – морфология свежего осаждения на стенке реактора

Рисунок 2 – СЭМ анализ полученных образцов после синтеза УНТ в псевдо-кипящем слое в атмосфере водорода и азота при температуре $800^{\circ}C$ в течение 2 часов

В качестве следующего порошкового носителя был использован порошок оксида титана с катализаторами никеля и кобальта ($TiO_2/Ni/Co$). Эксперимент проводился при тех же условиях, что и с носителем катализаторов MgO . По окончании эксперимента был получен образец в виде сажевого порошка. СЭМ исследование полученного образца представлено на рисунке 3а. Как видно из микроснимков, практически вся поверхность частиц TiO_2 имеет осаждение с диаметрами УНТ от 20-50 нм. Анализ рамановского спектра синтезированных УНТ на частицах TiO_2 показан на рисунке 3б. Как видно из рамановского спектра, полученный образец имеет типичный спектр МУНТ с основными G, D, G'(2D), G+D и T_2 – полосами.

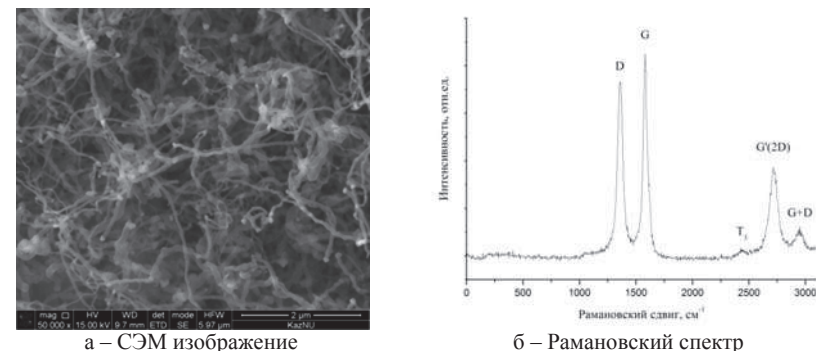


Рисунок 3 – СЭМ изображения и Рамановский спектр УНТ осажденных на поверхности подвижного слоя $TiO_2/Ni/Co$

Таким образом, в ходе экспериментальных исследований процесса синтеза УНТ методом CVD в псевдо-кипящем реакторе были использованы два типа носителей катализаторов: TiO_2 и MgO . Отсутствие осаждения УНТ на частицах MgO может быть объяснено влиянием различных факторов, одним из основных факторов может быть дисперсность порошкового носителя катализаторов, которая определяет диспергирующие свойства порошка в процессе псевдо-кипания. Поэтому для качественной оценки влияния дисперсности порошкового носителя катализаторов на рост УНТ в псевдо-кипящем реакторе необходимым условием является использование одного типа порошкового носителя катализаторов с высокой и низкой дисперсностью частиц. В качестве такого носителя катализатора был выбран порошок цеолита с низкой дисперсностью $\sim 10-220$ мкм и с более высокой дисперсностью $\sim 1-5$ мкм. Методы нанесения каталитического слоя и разделения порошка цеолита на фракции хорошо описаны ранее в работах [20].

При проведении синтеза на порошке цеолита с низкой дисперсностью рост УНТ практически отсутствует, этому свидетельствует СЭМ изображение представленный на рисунке 4. Тогда как, при проведении синтеза на порошке цеолита с более высокой дисперсностью осаждение УНТ значительно лучше (рисунок 5). Из анализа рамановского спектра (рисунок 5б) следует, что полученный спектр типичен МУНТ, а их структура имеет достаточно совершенную структуру с небольшими дефектами.

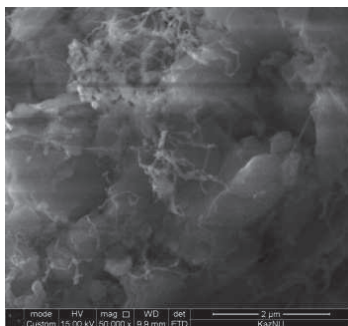
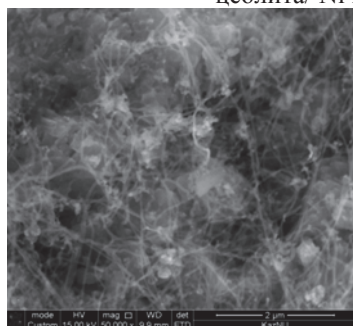
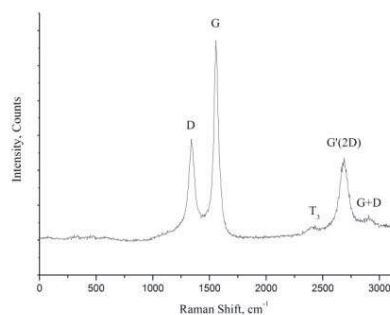


Рисунок 4 – СЭМ изображение поверхности крупнодисперсных частиц цеолита/ Ni после синтеза УНТ



а – СЭМ снимок №1



б – рамановский спектр МУНТ

Рисунок 5 – СЭМ и КРС анализы образцов после синтеза УНТ в псевдо-кипящем слое цеолита/ Ni/Co с высокой дисперсностью при температуре 800°C и времени 2 часа

Таким образом, полученные экспериментальные результаты по синтезу УНТ в псевдо-кипящем слое цеолита/ Ni/Co разной дисперсности свидетельствуют о том, что дисперсность порошкового носителя катализаторов играет немаловажную роль в процессе осаждения УНТ в псевдо-кипящем слое.

Данная работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта 3214/ГФ4.

Список литературы

1. Salvetal J-P, Bonard J-M, Thomson N.H., Mechanical properties of carbon nanotubes// *Appl. Phys.* – 1999– №69– P.255-60.
2. Trency M.M.J., Ebbesen T.W., Gibson J.M., Exceptionally high Young's modulus observed for individual carbon nanotubes// *Nature* – 1996 – №381 – P.678-80.
3. Wong E.W., Sheehan P.E., Lieber C.M., Nanobeam mechanics: elasticity, strength and toughness of nanorods and nanotubes// *Science* – 1999 – №283 – P.1513-1516.
4. Raki, L.; Beaudoin, J.J.; Alizadeh, R.; Makar, J.M.; Sato, T. Cement and concrete nanoscience and nanotechnology// *Materials.* – 2010 – Vol. 3– P. 918-942.

5. Cwirzen A.; Habermehl-Cwirzen K.; Penttala V., Surface decoration of carbon nanotubes and mechanical properties of cement/carbon nanotube composites// *Adv. Cem. Res.* – 2008– Vol. 20– P. 65-73.

6. Ye Y., Ahn C.C., Witham C., Fultz B., Liu J., Rinzler A.G., Colbert D., Smith K.A., Smalley R.E., Hydrogen adsorption and cohesive energy of single-walled carbon nanotubes. // *Applied Physics Letters* –1999–Vol.74, (16), – P.2307-2309.

7. Xu W.C., Takahashi K., Matsuo Y., Hattori Y., Kumagai M., Ishiyama S., Kaneko K., Iijima S., Investigation of hydrogen storage capacity of various carbon materials.// *International Journal of Hydrogen Energy* –2007–Vol.32, (13)–P.2504-2512.

8. Panella B., Hirscher M., Roth S., Hydrogen adsorption in different carbon nanostructures. // *Carbon* –2005 – Vol.43, №10, –P. 2209-2214.

9. Wichmann M.H., Buschhorn S.T., Böger L., Adelung R., Schulte K., Direction sensitive bending sensors based on multi-wall carbon nanotube/epoxy nanocomposites// *Nanotechnology* – 2008 – Vol.19(47)– P.475503.

10. Xiao L., Chen Zh., Feng Ch., Liu L., Bai Z.-Q, Wang Y., Qian L., Zhang Y., Li Q., Jiang K., Fan Sh., Stretchable, Transparent Carbon Nanotube Thin Film Loudspeakers// *Nano Lett.* – 2008 – Vol. 8, №12 – P. 4539–4545

11. Zheng Q., Jiang Q., Multiwalled Carbon Nanotubes as Gigahertz Oscillators // *Phys. Rev. Lett.* – 2002 –Vol.88 – P. 045503

12. Coccinia T., Rodab E., Sariqiannisc D.A., Mustarellid P., Quartaroned E., Profumoe A., Manzoa L. Effects of water-soluble functionalized multi-walled carbon nanotubes examined by different cytotoxicity methods in human as-trocyte D384 and lung A549 cells// *Toxicology*– 2010– Vol.269–P. 258-269

13. Devitt M.R. Tumor targeting with antibody-functionalized, radiolabeled carbon nanotubes // *The J. of nuclear medicine*– 2007–Vol. 48, №. 7.– P. 1180-1189.

14. Kateb B., Yamamoto V., Alizadeh D., Zhang L., Manoha- ra H.M., Bronikowski M.J., Badie B. Multi-walled carbon nanotube (MWCNT) synthesis, preperation, labeling, and functionalization // *Immunotherapy of Cancer, Methods in Molecular Biology.*–2010–№. 651. –P. 307-317

15. Danafar F., Fakhru'l-Razi A., Salleh M.A.M. and Biak D.R.A. Fluidized bed catalytic chemical vapor deposition synthesis of carbon nanotubes-a review // *Chem. Eng. J.* – 2009. – Vol. 155: – P. 37-48.

16. Rashidi A., Lotfi R., Fakhmosavi E. and Zare M. Production of single-walled carbon nanotubes from methane over Co-Mo/MgO nanocatalyst: A comparative study of fixed and fluidized bed reactors // *J. Nat. Gas Chem.* – 2011. – Vol. 20. – P. 372-376.

17. Maghsoodi S., Khodadadi A. and Mortazavi Y. A novel continuous process for synthesis of carbon nanotubes using iron floating catalyst and MgO particles for CVD of methane in a fluidized bed reactor // *Applied Surface Sci.* – 2010. – Vol. 256. – P. 2769-2774.

18. Zhang Q., Zhao M.Q., Huang J.Q., Nie J.Q. and Wei F. Mass production of aligned carbon nanotube arrays by fluidized bed catalytic chemical vapor deposition // *Carbon.* – 2010. – Vol. 48. – P. 1196-1209.

19. Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K. and Gabdullin M.T. A Method of Separation of Polydisperse Particles in the Plasma of Radio-Frequency Discharge // *Contrib. Plasma Phys.* 55, No. 5, 407 – 412 (2015) / DOI 10.1002/ctpp.201400091.

20. Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Yerlanuly Ye., Method of Obtaining a Composite Material Based on Small-Dispersed Particles.// *Journal of nano- and electronicphysics* – 2016 – Vol.8, №3 –P. 03053. DOI:10.21272/jnep.8(3).03053.