

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

д.т.н. профессора зав.кафедрой «Радиоэлектроника, телекоммуникации,
нанотехнологии»

Слепцова Владимира Владимировича
на диссертационную работу Цзана Сяовэя

«Разработка методов получения наночастиц оксида цинка различных размеров и форм для эпоксидных композиционных материалов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.16.08 – нанотехнологии и наноматериалы (химия и химическая технология).

Оксид цинка обладает совокупностью фотоэлектрических, сегнетоэлектрических и медико-биологических свойств, которые обеспечивают ему применение в фотонике, акустоэлектронике, медицине и в ряде других отраслей промышленности. Так, например, это один из немногих материалов, которые обладают высокой электропроводностью и способностью пропускать электромагнитные волны оптического диапазона. Поэтому этот материал активно изучается, разрабатываются технологии его синтеза как с точки зрения технологичности и совокупности свойств, так и с экономической точки зрения. Активное развитие в последнее время получили печатные технологии создания конечного продукта, включая принтерные 3D-технологии, в которых применяются нанокompозитные полимерные материалы. Поэтому работа Цзана Сяовэя, направленная на разработку методов получения наночастиц оксида цинка в полимерной матрице, несомненно актуальна и своевременна.

Научная новизна диссертации:

1. Установлено, что в зависимости от исходных реагентов и режимов синтеза частицы оксида цинка получают в виде стержней, полых стержней и цветков.

2. Определены основные факторы технологического процесса, обеспечивающего управление формой и свойствами частиц оксида цинка. К таким факторам относятся исходные прекурсоры ($ZnSO_4$ и $Zn(NO_3)_2$) и осадители NaOH и гексаметилтетрамин $C_6H_{12}N_4$ (ГМТА), концентрации прекурсора и осадителя, температура процесса и порядок смещения.

3. Экспериментально определены диапазоны изменения основных факторов, обеспечивающие формирование заданной геометрии частиц и свойств.

4. Установлено, что геометрия частиц оксида цинка влияет на механические свойства полимерных композитов и на адгезию.

5. Экспериментально определены концентрации оксида цинка в промерном композите, обеспечивающие увеличение механических параметров достаточное для практического применения.

Переходя к общей характеристике работы, следует сказать, что она состоит из введения, обзора литературы, трех глав и выводов. Работа написана четко и понятно. Основные результаты работы представлены в трех статьях и четырех выступлениях на конференциях и семинарах. Автореферат отражает содержание диссертации.

Во введении обоснована актуальность работы и постановка задачи.

В первой главе подробно рассмотрены существующие методы и технологии получения высокодисперсных нано- и микрочастиц оксида цинка химическими методами. Достаточно убедительно обоснован выбор метода осаждения из раствора, который автор использует в своей работе.

Во второй главе приводится характеристика реактивов, описание методики синтеза нано- и микрочастиц оксида цинка и методы исследования.

В третьей главе подробно излагаются экспериментальные результаты по получению нано- и микрочастиц оксида цинка в форме стержней, цветков и в виде традиционной сферической геометрии.

Изучено влияние концентрации прекурсора $Zn(NO_3)_2$, молекулярное соотношение реагентов, продолжительность и температура синтеза а также

влияние типа прекурсора на свойства оксида цинка в виде стержней. Исследовались кинетика процесса синтеза, геометрические характеристики и состав методом РФА.

Было показано, что при увеличении температуры синтеза ZnO от 65 до 95°C средний диаметр стержня увеличивается от 110 до 210 нм, а средняя длина возрастает от 0,8 до 2,5 мкм.

Увеличение концентрации прекурсора от 0,01М Zn(NO₃)₂ до 0,045М приводит к формированию частиц ZnO не только в форме стержней, но и в виде игл.

Было показано, что из трех видов прекурсоров Zn(NO₃)₂, ZnCl₂ и ZnSO₄, стержни формируются только при использовании хлорида и нитрата цинка. Для получения частиц оксида цинка в виде цветков наиболее эффективным оказался прекурсор в виде ZnSO₄, а осадитель в виде NaOH. Было изучено влияние концентрации NaOH, концентрации прекурсора, температуры смещения реагентов на структуру, размеры и форму частиц оксида цинка.

Исследования композитных материалов на основе эпоксиуретанового композита с добавлением от 0,5 до 2% масс оксида цинка показали возможность существенного изменения механических свойств. Было установлено, что прочность на разрыв возрастает от 14,8% до 29,4%, а деформация при разрыве может меняться от 12,5% до 74% в зависимости от формы частиц оксида цинка.

Нетривиальным является факт увеличения адгезии полимерного композита на основе акриловой смолы к алюминиевому сплаву АМг6 в диапазоне от 9,6% до 37% при достаточно маленькой концентрации частиц цинка (0,2% мас.) только за счет изменения формы частиц.

Значимость полученных результатов для теории и практики состоит в определении влияния технологических режимов на форму и геометрические размеры частиц оксида цинка. Возможность изменять форму и геометрические размеры частиц при постоянном составе и структуре позволило автору показать влияние этих факторов на механические и

адгезионные характеристики полимерных композиционных материалов на основе эпоксидной смолы. Установлено, что частицы оксида цинка в форме стержней более эффективно повышают механические свойства системы, а частицы ZnO в виде цветков более эффективно увеличивают адгезию.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Она подтверждается современными методами исследования, тщательно обработанной методической базой и достаточно широкой апробацией результатов на конференциях и в периодической печати (3 статьи и 4 конференции и семинара).

В качестве рекомендации по дальнейшему использованию результатов автору следует рассмотреть возможность создания композитного полимерного материала, обладающего высокой электропроводностью и прозрачностью в видимом диапазоне электромагнитного излучения.

К недостаткам работы следует отнести:

1. В обзоре литературы диссертации представлено достаточное количество работ по получению нано- и макрочастиц ZnO, а о механических характеристиках компаундов с добавлением частиц ZnO говорится мало.

2. В диссертации на стр. 103 говорится о влиянии температуры на образование частиц оксида цинка в форме цветков. О влиянии какой температуры идет речь (температуры смещения, осаждения, термостатирования)?

3. В автореферате отсутствует описание методики введения частиц оксида цинка в матрицу полимерного материала.

4. В автореферате в таблицах 1,2 есть сокращенные обозначения механических параметров (σ , МПа, ϵ , %, E, МПа).

Расшифровка этих параметров и приведение их в соответствии с прочностью на разрыв и с деформацией на разрушение в автореферате диссертации отсутствуют.

Переходя к оценке работы в целом, следует сказать, что по тематике, методам исследования, полученным новым научным результатам

диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.16.18 – нанотехнологии и наноматериалы (химия и химическая технология) по п. 3.1. (Экспериментальные исследования процессов получения и технологии наноматериалов, формирования наноструктур на подложках, синтеза порошков наноразмерных простых и сложных оксидов, солей и других соединений, индивидуальных металлов и сплавов, в том числе редких и платиновых металлов).

По актуальности, научной новизне, практической значимости и сумме выполненных исследований диссертационная работа соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, а диссертант Цзан Сяовэй заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата химических наук.

Официальный оппонент:

доктор технических наук,

Профессор Слепцов Владимир Владимирович,

Заведующий кафедрой радиоэлектроники,

телекоммуникаций и нанотехнологий

«МАТИ»-РГТУ имК.Э..Циолковского

109240, Москва, Бердниковская наб., д.14

Телефон/факс: +7(495) 915-57-19, e-mail: radio@mati.ru

В.В.Слепцов

«20» апреля 2015 г.

Подпись В.В.Слепцова заверяю

Начальник отдела ДС МАТИ



М.В.Силуянова