

A. Stupak A., T. Blaudeck, E. Zenkevich, S. Krause, C. von Borczyskowski // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2018. – Vol. 20. – P. 18579–18600.

А.А. Алексеенко

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О.Сухого», Гомель, Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ ЭМАЛЕЙ

Введение

В настоящее время существуют различные технологические приемы формирования углеродных материалов в виде покрытий, катализаторов или сенсорных элементов на их основе [1-3]. Так, авторами работы [1] разработан низкотемпературный термокаталитический метод синтеза углеродных многослойных нанотрубок, состоящий в выборе исходных параметров как самого процесса, так и точных расчетах протекающих химических и теплофизических реакций. На основе полученных нанотрубок был разработан макет чувствительного элемента для анализа многокомпонентных газовых смесей (по четырем электрофизическим параметрам). Принципы роста и проявления свойств подобных материалов были изучены в работе [2]. В частности, установлена каталитическая роль наночастиц металлов, пересыщенных углеродом, позволяющих наиболее эффективно формироваться нанотрубкам по CVD-методу (параметры взаимодействия углерод-металл определялись на основе полуэмпирических методов квантовой химии). Способ нанесения тонких графитоподобных и алмазоподобных углеродных покрытий для защиты алюминия (как толстых образцов, так и тонких фольг) от коррозии в водных растворах щелочей приводится в работе [3]. Авторами работы [3] продемонстрирована возможность формирования графитоподобных углеродных пленок с применением метода физического осаждения из газовой фазы (PVD-метод был реализован с использованием магнетронной распылительной установки Discovery 18 (Denton Vacuum)). Все вышперечисленные методы получения углеродсодержащих материалов требуют применения достаточного дорогого оборудования и высоких энергетических затрат. В общем случае, для получения качественных пассивных радиопоглощающих углеродсодержащих покрытий эко-

номически целесообразно использовать технологические приемы, не требующие применения ресурсоемких и наукоемких подходов для их реализации. Так, нами была разработана методика формирования отдельных керамических или металлических (алюминиевых, титановых) сегментов, покрытых модифицированным слоем из углерода (на основе графита). В случае необходимости, покрытие активировалось ионами металлов (или восстановленным металлом). Отжиг таких сегментов в контролируемой газовой среде (аргон, водород) позволял управлять морфологическими и структурными свойствами получаемых покрытий, а также делать их многослойными с контролируемой толщиной с целью создания, фактически, микроволновых устройств-поглотителей.

1. Материалы и методы

Для получения легкоплавкой эмали, эффективно взаимодействующей с поверхностью подложки из алюмосиликатной керамики или металлического алюминия, была разработана многокомпонентная фосфатная шихта соответствующего состава. За исходную точку отсчета бралась концентрация P_2O_5 в 60 масс. % (при его пересчете из ортофосфорной кислоты). Также в состав шихты входил порошкообразные Al_2O_3 , ZnO и MgO , которые при последовательном добавлении частично нейтрализовали ортофосфорную кислоту. Далее в получившуюся смесь отдельно вводились K_2O , Li_2O и Na_2O . Соединения щелочных металлов брались в виде их гидроксидов, что вызывало интенсивный разогрев смеси шихты. Полученная смесь упаривалась до вязкого состояния и помещалась в герметичный пластиковый контейнер для последующего хранения и использования.

Чистая фосфатная шихта наносилась на поверхность керамической или алюминиевой подложки (предварительно обезжиренной и отожженной на воздухе при $300\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1 ч.) в виде однородного слоя толщиной не более 0,3 мм. Далее на подготовленную поверхность наносился графит тонкого помола слоем толщиной порядка 2-3 мм. Сформированное покрытие сушилось в вентилируемом термощкафу при $T=50\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1,5 ч. Окончательное спекание проводилось в среде аргона при $T=600\text{ }^\circ\text{C}$ (время выдержки при указанной температуре составляло 1 ч).

Состояние поверхности и ее фазовый состав изучались методом оптической микроскопии и рентгенофазового анализа (применялся рентгеновский дифрактометр «ДРОН 7»).

2. Обсуждение результатов

В результате проведенных исследований были разработаны технологические приемы получения сплошных углеродсодержащих покрытий, отделенных от керамической или металлической поверхности диэлектрическим слоем легкоплавкой эмали (в нашем случае использовались фосфатные эмали). Наибольший интерес представляют «вулканизированные» углеродсодержащие покрытия (см. рисунок 1, фото 2), сохраняющие фазовый состав вводимого в них углерода (в виде графита), что подтверждается снятым РФА-спектром для этого покрытия (см. рисунок 2).

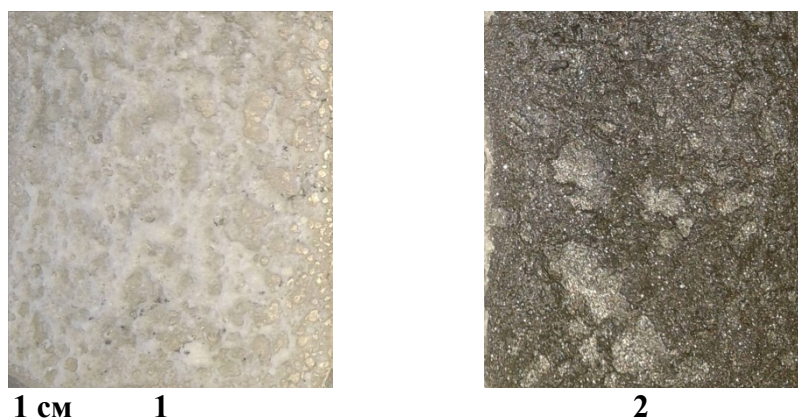


Рисунок 1 – Фото поверхности углеродсодержащего покрытия, полученного на основе фосфатной эмали (температура формирования – 600 °С, среда – аргон):

1 – чистая фосфатная эмаль разработанного состава; 2 – структурированное углеродсодержащее покрытие, сформированное на поверхности фосфатной эмали

Из приводимых РФА-спектров видно (рисунок 2), что графит частично интегрируется в структуру легкоплавкой эмали (соответствующие пики дифракции отмечены пунктирными линиями), что говорит о достаточно высокой адгезии углеродного слоя к поверхности фосфатной эмали.

Фактически, свойства покрытий модифицированного состава (углерод-металл, углерод-полупроводник) должны быть близки по характеристикам к «идеальному поглотителю», работающему в области широких частот как с магнитной, так и электрической составляющей электромагнитного излучения. На основе сегментов разработанного состава могут быть получены защитные радиопоглощающие конструкции сложного геометрического профиля для стационарных и динамических объектов, стойкие к перепадам температур и слабоагрессивному воздействию внешних сред. Наибольший интерес в

этом отношении представляют углеродсодержащие покрытия, сформированные на поверхности легкоплавкой эмали в контролируемой газовой среде (в нашем случае применялся аргон), что позволяло сохранять фазовый состав компонент углеродсодержащего слоя, а также предотвращало его выгорание при температурах порядка 600 °С.

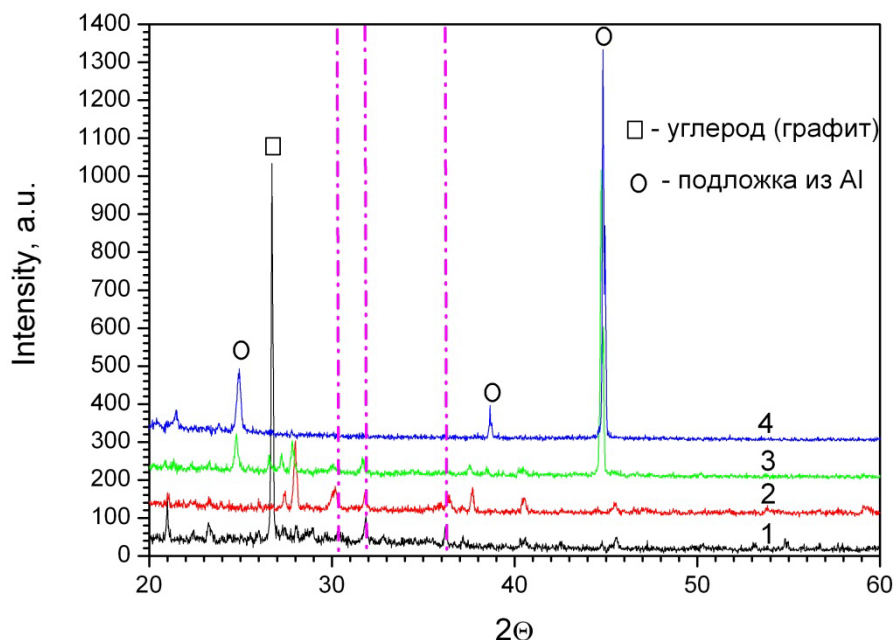


Рисунок 2 – РФА-спектры углеродсодержащих покрытий на основе легкоплавких эмалей, сформированных на поверхности алюминиевой подложки:
 1 – РФА-спектр для внешней поверхности углеродсодержащего покрытия (температура формирования 600 °С, 1 ч.); 2 – РФА-спектр сколотого с алюминиевой подложки покрытия состава легкоплавкая эмаль–углерод;
 3 – РФА-спектр внешней стороны алюминиевой подложки, с которой было удалено углеродсодержащее покрытие; 4 – РФА-спектр чистой поверхности алюминиевой подложки

Заключение

Рассмотрены процессы формирования углеродсодержащих легкоплавких фосфатных эмалей на поверхности керамических и алюминиевых подложек при их отжиге в инертной газовой среде (в виде аргона). Изучены условия реализации эффективного адгезионного взаимодействия между внешним углеродным покрытием и легкоплавкой фосфатной эмалью, находящейся в непосредственном контакте с поверхностью подложки. Методом рентгенофазового анализа получены данные о структуре внешнего углеродного слоя, фосфатной эмали, поверхности алюминиевой подложки, прореагировавшей с фосфатной эмалью, а также просто подложки из Al.

Литература

1. Томишко, М.М. Многослойные углеродные нанотрубки и их применение / М.М. Томишко, О.В. Демичева, А.М. Алексеев, А.Г. Томишко, Л.Л. Клинова, О.Е. Фетисова // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. - Т. LII., № 5. – С. 39–43.

2. Алексеев, Н.И. О морфологии углеродных нанотрубок, растущих из каталитических частиц: формулировка модели // Физика твердого тела. – 2006. – Т. 48, вып. 8. – С. 1518–1526.

3. Зибров, М.С. Создание тонких защитных углеродных покрытий на алюминии / М.С. Зибров, А.А. Писарев, Г.В. Ходаченко, Д.В. Мозгрин // Успехи прикладной физики. – 2013. – Т. 1, № 2. – С. 167–171.

С.М. Арабей¹, Т.А. Павич², К.Н. Соловьев²

¹ УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Беларусь

² ГНУ «Институт физики имени Б.И.Степанова НАН Беларуси», Минск, Беларусь

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ СИЛИКАТНЫЕ ГЕЛЬ-МАТЕРИАЛЫ СО СТРУКТУРНЫМИ МЕТАЛЛОФТАЛОЦИАНИНОВЫМИ ЗВЕНЬЯМИ

Материалы, допированные металлофталоцианинами (МРс), находят разнообразные применения в промышленности (светостойкие красители и пигменты, газовые датчики, катализаторы и др.), оптике и оптоэлектронике (нелинейные оптические материалы, электрохромные устройства, фотопроводники, компоненты органических солнечных элементов и др.), биомедицине (ранняя диагностика и лечение методом фотодинамической терапии онкологических заболеваний) и других областях [1]. Потенциальные возможности МРс для оптических приложений в полной мере могут быть реализованы только в составе функциональных материалов. Наиболее важными в практическом и коммерческом плане являются нанопористые силикатные материалы, допированные МРс и полученные золь-гель методом из алкоксисиланов – материалы в виде объемных матриц и тонких пленок [2]. Преимущество силикатных гель-материалов – в их механической прочности, термостойкости, высокой фотостабильности и отсутствии поглощения в видимой