

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЁРДОГО ТЕЛА УРО РАН
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СО РАН

**ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ХИМИЯ ТВЁРДОГО ТЕЛА И
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ - 2022»
И
XIV Симпозиум «ТЕРМОДИНАМИКА И
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

10-13 октября 2022 г.

Екатеринбург • 2022

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЁРДОГО ТЕЛА УРО РАН
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СО РАН

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ХИМИЯ ТВЁРДОГО ТЕЛА И
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ - 2022»
и
XIV Симпозиум «ТЕРМОДИНАМИКА И
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

10-13 октября 2022 г.

г. Екатеринбург
2022 год

**ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПЛЕНОК
ГИДРАТИРОВАННЫХ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
С УЧАСТИЕМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ
НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА РАСТВОР-ГАЗ**

Л.Б. Гулина, Л.И. Кукло, П.О. Скрипняк, В.П. Толстой
*Кафедра химии твердого тела СПбГУ,
Университетский пр., 26, Санкт-Петербург, 198504*

Пористые материалы, вследствие особенностей морфологии, обладают перспективными функциональными и конструктивными свойствами. В последние годы значительный прогресс в области получения и развития новых материалов достигнут благодаря появлению новых методов синтеза металлоорганических каркасных структур, полимерных композиций, пористых углеродных материалов. При получении неорганических материалов на основе оксидов металлов для формирования пористой структуры традиционно успешно используют высокотемпературные методы синтеза, эффект темплатной матрицы и золь-гель технологии.

В настоящей работе для получения пористых пленок оксидов металлов предлагается использовать межфазный метод синтеза в условиях «мягкой» химии при комнатной температуре, основанный на взаимодействии компонентов раствора с газообразным реагентом на планарной границе раздела фаз. Ранее было показано, что с помощью такого подхода могут быть получены сплошные пленки, состоящие из совокупности ориентированных нанокристаллов [1] или градиентные пленки, способные при высушивании трансформироваться в микросвитки [2]. Более того, при проведении реакции образования труднорастворимого соединения на изогнутой поверхности капли раствора может наблюдаться формирование упорядоченных структур с морфологией сотоподобных сетей [3].

Целью настоящей работы было исследование особенностей образования пористых двумерных структур ряда гидратированных оксидов металлов с общей формулой $MO_x \cdot nH_2O$, где М – Ti(III,IV), Mn(II,III,IV), Fe(II,III), Co(II,III), Ni(II,III), Sn(II,IV), La(III), Ce(III,IV) и др. в результате взаимодействия поверхности их водных растворов с газообразным аммиаком в атмосфере воздуха.

Проведено изучение влияния состава и pH растворов, концентрации реагентов, продолжительности взаимодействия на состав и морфологию продуктов реакции в твердом агрегатном состоянии.

Исследование синтезированных соединений выполнено методами оптической и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), рентгеноспектрального микроанализа, ИК-Фурье спектроскопии пропускания, рентгенофазового анализа. Установлено, что при определенных условиях синтеза на поверхности растворов под действием газообразного реагента образуются пористые сетеподобные плёнки твёрдых веществ. СЭМ изображение пористой плёнки $\text{TiO}_{2-x} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ приведено на Рисунке 1. Такие синтезированные пористые двумерные структуры оксидов металлов обладают толщиной до 100 нм и состоят из аморфных наночастиц

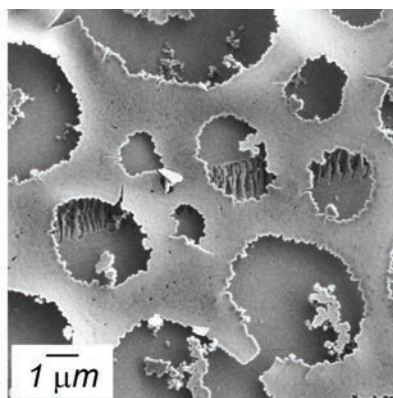


Рисунок 1. СЭМ изображение пористой плёнки $\text{TiO}_{2-x} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, синтезированной на поверхности водного раствора TiCl_3 и перенесенной на поверхность монокристаллического кремния

или нанокристаллов, имеющих, как правило, преимущественную ориентацию, что позволяет говорить об иерархической организации вещества. Формирование иерархических пористых материалов объясняется пространственными и диффузионно-кинетическими ограничениями реакций в условиях синтеза на границе раздела раствор-газ.

В докладе на примере синтеза ряда гидратированных оксидов металлов показано, что в результате проведения химических реакций на границе раздела водного раствора соли металла с газообразным NH_3 в атмосфере воздуха возможно получение двумерных структур с морфологией фрактальных или сотоподобных сетей и пористых плёнок. Такие двумерные пористые материалы на основе оксидов переходных металлов перспективны для использования в оптике, микроэлектронике, медицине, катализе, сенсорики, солнечной и топливной энергетике.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 22-29-00687), <https://www.rscf.ru/project/22-29-00687/>.

1. Gulina L.B., Tolstoy V.P., Kasatkin I.A. et al. // J. Fluorine Chem. 2017. V. 200. P. 18–23.
2. Gulina L.B., Tolstoy V.P., Solovov A.A. et al. // Prog. Nat. Sci. 2020. V. 303. P. 279–288.
3. Tolstoy V.P., Vladimirova N.I., Gulina L.B. // ACS Omega. 2019. V. 4. P. 22203–22208.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЁРДОГО ТЕЛА УРО РАН
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СО РАН

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ХИМИЯ ТВЁРДОГО ТЕЛА И
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ - 2022»
и
XIV Симпозиум «ТЕРМОДИНАМИКА И
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

ISBN 978-5-905545-32-0

Подписано к печати 22.09.22 г.
Формат 70×100 1/16 Усл.печ.л. 36,73

Отпечатано в Издательстве «ДжиЛайм» ООО