

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СО РАН

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОРЯЧИЕ ТОЧКИ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА: ОТ НОВЫХ ИДЕЙ К НОВЫМ МАТЕРИАЛАМ

III Всероссийская конференция с международным участием,
посвященная 75-летию Института химии твердого тела
и механохимии СО РАН

1-5 октября 2019

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Новосибирск
2019

УДК 544.2
ББК 24.5
Г718

Ответственный редактор
д-р хим. наук *Т. П. Шахтштейнер*

Г 718 Горячие точки химии твердого тела: от новых идей к новым материалам : III Всеросс. конф. с междунар. участием, посв. 75-летию Института химии твердого тела и механохимии СО РАН : Тез. докл. / Ин-т химии тв. тела и механохимии СО РАН ; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2019. – 300 с.

ISBN 978-5-4437-0950-5

В сборнике представлены тезисы докладов конференции «Горячие точки химии твердого тела: от новых идей к новым материалам».

Для широкого круга специалистов, работающих в области физики, химии, химического материаловедения и химической технологии.

*При поддержке:
Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-03-20026)
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации*

ISBN 978-5-4437-0950-5

© Новосибирский государственный университет, 2019

© Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, 2019

ТЕМПЕРАТУРЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ НАНОТЕРМИТНЫХ РЕАКЦИЙ

В.Г. Мягков, Л.Е. Быкова, В.С. Жигалов, А.А. Мацынин, М.Н. Волочаев

Институт физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, 660036

В настоящее время большое внимание уделяется получению и исследованию свойств наноразмерных объектов с целью создания на их основе новых материалов. Важное место в этих исследованиях занимает поиск новых способов создания гибридных пленочных нанокompозитов, которые содержат ферромагнетик и широкозонный полупроводник или диэлектрик (In_2O_3 , ZnO , SnO_2 , CdO , TiO_2 , ZrO_2 , Mg , Al_2O_3) и обладают одновременно магнитными, проводящими и прозрачными свойствами. В работе рассматривается новый подход к синтезу ферромагнитных нанокompозитных пленочных материалов на основе термитных твердофазных реакций между слоями окислов 3d металлов и металлами Zr, In, Al [1-4]. Ферромагнитные нанокompозитные тонкие пленки Co-ZrO_2 , Fe-ZrO_2 , $\text{Fe-In}_2\text{O}_3$, $\text{Co-In}_2\text{O}_3$, $\text{Co-Al}_2\text{O}_3$, $\text{CoPt-Al}_2\text{O}_3$ были синтезированы с использованием термитной реакции между слоями Zr и Co_3O_4 , Zr и Fe_2O_3 , In и Fe_2O_3 , In и Co_3O_4 , Al и Co_3O_4 , Al и $\text{Co}_3\text{O}_4 + \text{Pt}$:

1. $\text{Co}_3\text{O}_4 + 2\text{Zr} \rightarrow 2\text{ZrO}_2 + 3\text{Co} \rightarrow (T_{\text{in}} \sim 250^\circ\text{C})$
2. $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{Zr} \rightarrow 3\text{ZrO}_2 + 4\text{Fe} \rightarrow (T_{\text{in}} \sim 510^\circ\text{C})$
3. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{In} \rightarrow \text{In}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe} \rightarrow (T_{\text{in}} \sim 180^\circ\text{C})$
4. $3\text{Co}_3\text{O}_4 + 8\text{In} \rightarrow 4\text{In}_2\text{O}_3 + 9\text{Co} \rightarrow (T_{\text{in}} \sim 185^\circ\text{C})$
5. $3\text{Co}_3\text{O}_4 + 8\text{Al} \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{Co} \rightarrow (T_{\text{in}} \sim 510^\circ\text{C})$
6. $3\text{Co}_3\text{O}_4 + 9\text{Pt} + 8\text{Al} \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{CoPt} \rightarrow (T_{\text{in}} \sim 510^\circ\text{C})$

В последние годы также растет интерес к нанотермитам (супертермитам), размер частиц которых уменьшается до нескольких нанометров. В нанотермитных смесях скорость волны горения возрастает до 1000 м/с. Несмотря на интенсивные исследования термитных реакций в пленках и в наночастицах, их общие закономерности и механизмы остаются неясными.

Анализ наших работ и литературных данных показывает, что синтез фазы Al_2O_3 в нанотермитных смесях и пленках $\text{Al/Fe}_2\text{O}_3$, Al/CuO , $\text{Al/Co}_3\text{O}_4$, Al/MoO_3 , $\text{Al/Bi}_2\text{O}_3$, Al/NiO начинается при температуре $T_{\text{in}} \sim 510^\circ\text{C}$. Мы также демонстрируем одни и те же температуры инициирования $\sim 250^\circ\text{C}$, $\sim 300^\circ\text{C}$, $\sim 180^\circ\text{C}$ для реакций на основе Zr-, Mg- и In, соответственно. Мы предсказываем, что нанотермитные реакции на основе других видов топлива (например, Ti и B) имеют свои собственные температуры инициирования. Эти результаты открывают путь для понимания исключительной роли температуры инициирования T_{in} в твердофазных реакциях на наноуровне [5]. Мы ожидаем, что этот подход может быть применен при изучении многокомпонентных твердофазных реакций в нанопорошках и тонких пленках.

[1] Myagkov V.G., Bykova L.E., Zhigalov V.S., et al. *J. Alloys Compd.*, 724 (2017) 820.

[2] Myagkov V.G., Zhigalov V.S., Bykova L.E., et al. *J. Alloys Compd.*, 665 (2016) 197.

[3] Myagkov V.G., Bykova L.E., Bayukov O.A., et al. *J. Alloys Compd.*, 636 (2015) 223.

[4] Myagkov V.G., Tambasov I.A., Bayukov O.A., et al. *J. Alloys Compd.*, 612 (2014) 189.

[5] Myagkov V.G., <http://arxiv.org/abs/1903.11784>.

ТЕРМИТНЫЙ СИНТЕЗ ПЛЁНОЧНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

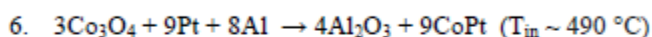
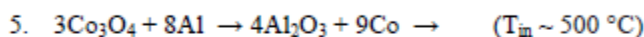
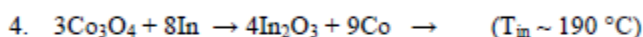
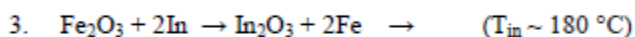
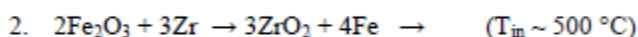
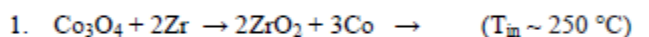
В.Г. Мягков, Л.Е. Быкова, В.С. Жигалов, А.А. Мацынин, М.Н. Волочаев

Институт физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН,

Красноярск, 660036, Россия

В настоящее время большое внимание уделяется получению и исследованию свойств наноразмерных объектов с целью создания на их основе новых материалов. Важное место в этих исследованиях занимает поиск новых способов создания гибридных пленочных наноконструкций, которые содержат ферромагнетик и широкозонный полупроводник или диэлектрик (In_2O_3 , ZnO , SnO_2 , CdO , TiO_2 , ZrO_2 , Mg , Al_2O_3) и обладают одновременно магнитными, проводящими и прозрачными свойствами. В работе рассматривается новый подход к синтезу ферромагнитных наноконструктивных пленочных материалов на основе термитных твердофазных реакций между слоями оксидов 3d металлов и металлами Zr, In, Al.

Ферромагнитные наноконструктивные тонкие пленки Co-ZrO_2 , Fe-ZrO_2 , $\text{Fe-In}_2\text{O}_3$, $\text{Co-In}_2\text{O}_3$, $\text{Co-Al}_2\text{O}_3$, $\text{CoPt-Al}_2\text{O}_3$ были синтезированы с использованием термитной реакции между слоями Zr и Co_3O_4 (1), Zr и Fe_2O_3 (2), In и Fe_2O_3 (3), In и Co_3O_4 (4), Al и Co_3O_4 (5), Al и $\text{Co}_3\text{O}_4 + \text{Pt}$ (6).



Твердофазные реакции инициировались отжигом двухслойных образцов в вакууме 10^{-6} Торр. Определены температуры инициирования (T_{in}), структурные и магнитные свойства полученных наноконструктивных пленок. Электронномикроскопические исследования пленок показали создание нанокластеров Co и Fe (30-60 nm), окруженных слоем оксидов (ZrO_2 , In_2O_3) с большой площадью контакта.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ совместно с Правительством Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 18-42-243009 p_мол_a.