



Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта призера II степени

Название работы – Получение карбида титана методом СВС.

Автор – Мельник Иван Богданович, 9 класс, ГБОУ Школа № 171, г. Москва.

Руководитель – Харченко Андрей Васильевич, учитель химии, ГБОУ Школа № 171, г. Москва.

Основная идея работы, цели, задачи

Карбид титана – вещество уже давно известное и изученное. Известна кубическая фаза. Однако сравнительно недавно была получена гексагональная фаза состава $Ti_{n+1}C_n$, входящая в обширный класс соединений – МХ-фаз (MXenes) [1]. МХ-фазы являются перспективными в таких областях, как создание литий-ионных аккумуляторов (в сочетании с графеном), катализаторов, суперконденсаторов, фотокатализаторов для производства водорода, транзисторов, очистителей и пр. [2]. Поэтому изучение способов получения МХ-фаз является актуальной задачей для исследования. Способом получения МХ-фазы является травление МАХ-фазы в плавиковой кислоте.

Нас заинтересовал метод Самораспространяющегося Высокотемпературного Синтез (СВС) (Self-propagating High-temperature Synthesis, SHS). Синтез представляет ещё больший интерес по причине его лёгкости в воспроизведении, доступности. Его особенностью является то, что исходные и конечные продукты являются твёрдыми. Немаловажной является история метода, поскольку он был разработан в Черногловке [3].

Таким образом, *целью работы* является получение карбида титана с помощью СВС.

Основные результаты

Среди множества способов получения карбида титана (куб) и МАХ-фазы был выбран Самораспространяющийся Высокотемпературный Синтез (СВС). Причина такого выбора состоит в том, что он лёгок в воспроизведении, нетребователен в плане оборудования и прекурсоров.

Получение кубического карбида титана

Для получения кубического карбида титана проводили гомогенизацию простых веществ (углерода и титана) в шаровой мельнице с последующим СВС, для которого объект синтеза TiC, являющийся термодинамически очень устойчивым соединением, подходит очень хорошо.

Активацию СВС выполняли раскаленной вольфрамовой проволокой. На рис.1 видно, как изменяется порошок после СВС образца карбида, полученного из простых веществ (активация процесса пламенем): частицы становятся однородными, укрупняются, видны следы плавления (ребра менее острые).

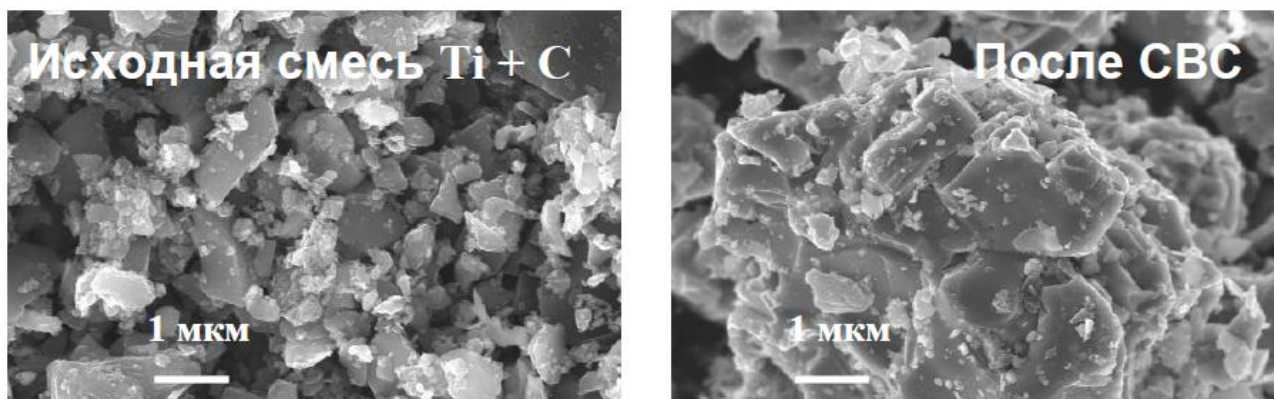


Рис.1. РЭМ смеси Ti+C после помола в шаровой мельнице (слева) и ее вид после СВС (справа).

По данным рентгенофазового анализа двух образцов, полученных методом СВС, отличающимися составом исходных компонентов, можно видеть (рис.2) наличие фазы карбида титана в обоих случаях. Однако, лишь при использовании Ti+C+0,2TiC, образец оказался однофазным.

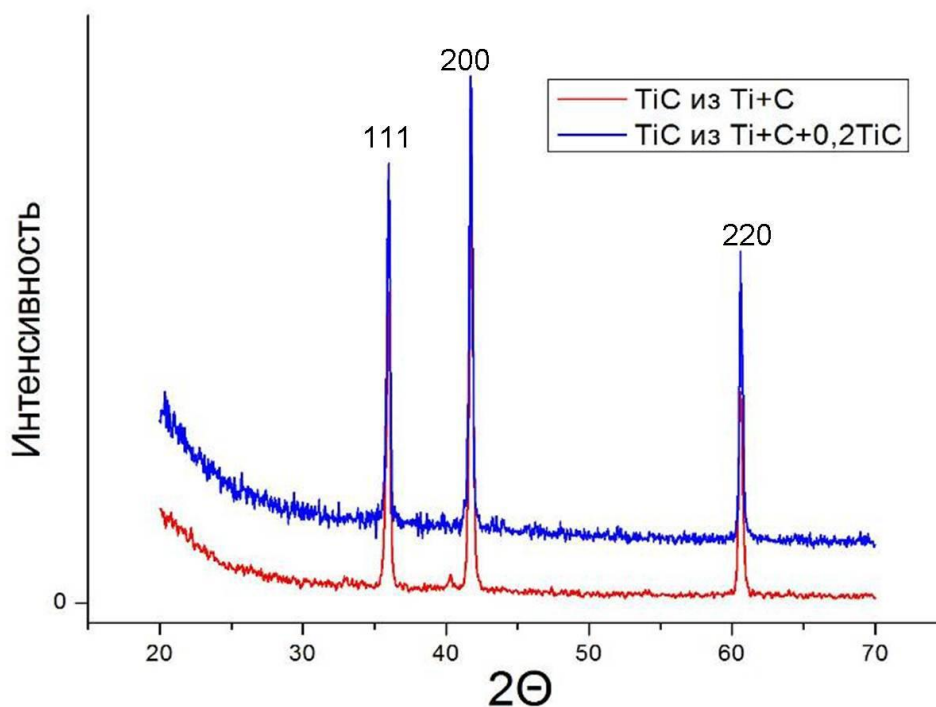


Рис.2. Фазовый состав образцов, полученных СВС (данные РФА).

Таким образом, можно заключить, что лучшим способом синтеза фазы кубического TiC является его получение из Ti+C+0,2TiC.

Получение гексагонального карбида титана

Получение гексагонального карбида Ti_3C_2 невозможно прямым путем из простых веществ. Для этого всегда используют прекурсор Ti_3AlC_2 , также имеющий гексагональную структуру. Последний состоит из чередующихся слоев элементов. Удаление слоя алюминия избирательным травлением плавиковой кислотой приводит к образованию «рыхлой» слоистой структуры, которая легко расслаивается под действие ультразвука на водную взвесь карбида.

Прекурсор Ti_3AlC_2 всегда получают высокотемпературным спеканием ($1360^\circ C$) в инертной атмосфере в течение 10-15 часов. В работе эту длительную стадию решено было заменить синтезом смешанного карбида методом СВС.

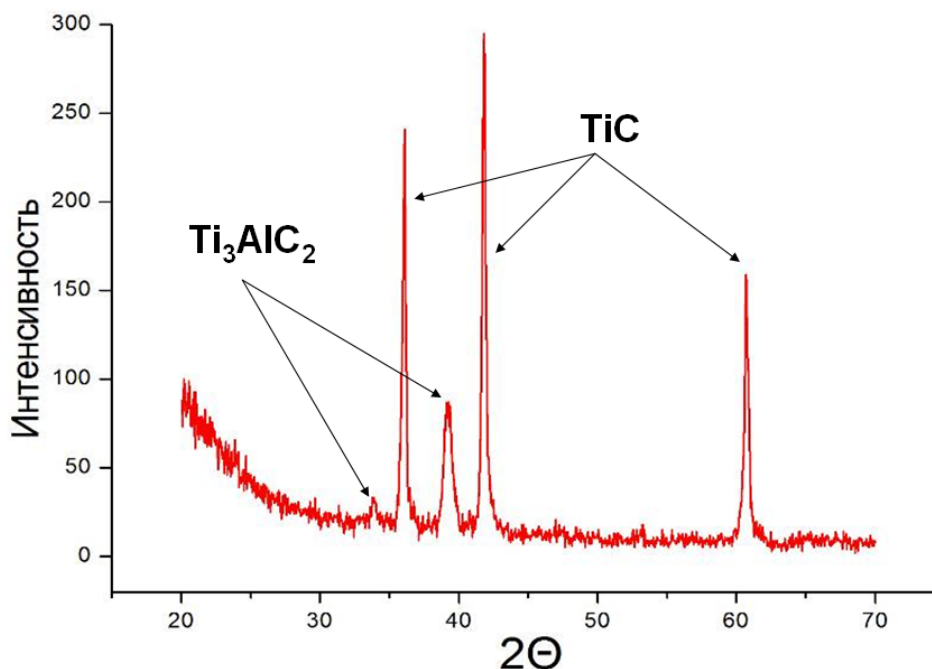


Рис.3. Фазовый состав образца, полученного СВС из $3Ti+Al+2C$ (данные РФА).

Образец после спекания содержал целевую фазу Ti_3AlC_2 , но вместе с ней присутствовала фаза кубического карбида титана (рис.3). Можно предположить, что более детальное изучение этого синтеза позволит улучшить методику и увеличит долю целевой фазы.

Таким образом, в работе продемонстрирован метод СВС. В качестве объекта рассмотрения выбраны карбиды титана. Кубическая фаза получена без примесей и со специфической морфологией. Для получения гексагональной фазы требуется более детальное изучение системы.

Выводы, заключение, перспективы

1. Применили метод СВС для получения TiC и Ti_3AlC_2 .
2. Показали сильное изменение частиц порошка после спекания СВС с помощью электронной микроскопии.
3. Доказали состав образцов методом РФА.

Список цитированных источников

1. Michael Naguib, Olha Mashtalir, Joshua Carle, Volker Presser, Jun Lu, Lars Hultman, Yury Gogotsi, Michel W. Barsoum // ACS Nano. 2012. V. 6. №2. p. 1322-1331.
2. Mohammad Khazaei, Ahmad Ranjbar, Masao Arai, Taizo Sasaki, Seiji Yunoki // J. Mater. Chem. C. 2017. V. 5. P. 2488-2503.
3. Амосов А.П. и соавт. – Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов. М.: Машиностроение – 1. 2007. 471 с.
4. Дроздов А.А., Зломанов В.П., Мазо Г.Н., Спиридонов Ф.М. Под ред. Ю.Д. Третьякова // Неорганическая химия в 3 т. Т. 3 Химия переходных элементов. Кн. 1, 2-е изд., испр. М. Издательский центр «Академия». 2008. 352 с.

5. Дроздов А.А., Зломанов В.П., Мазо Г.Н., Спиридонов Ф.М. Под ред. Ю.Д. Третьякова // Неорганическая химия в 3 т. Т. 2 Химия непереходных элементов. М. Издательский центр «Академия». 2004. 368 с.
6. Гусев А.И. // Успехи химии. 2002. Т. 76. №6. С. 507.
7. Ingemar Persson, Ahmed el Ghazaly, Quanzheng Tao, Joseph Halim, Sankalp Kota, Vanya Darakchieva, Justinas Palisaitis, Michel W. Barsoum, Johanna Rosen, and Per O. Å. Persson // Small. 2018. V. 14. Issue 17. p 7.
8. Кипарисов С.С., Левинский Ю.В., Петров А.П.. // Карбид титана: получение, свойства, применение. М. Издательство «Металлургия». 1987. 217 с.
9. Mohammad Khazaei, Ahmad Ranjbar, Keivan Esfarjani, Dimitri Bogdanovski, Richard Dronskowski, Seiji Yunoki1 // Physical Chemistry Chemical Physics. 2018. Issue 13. p. 15.
10. Zhengyang Li, Libo Wang, Dandan Sun, Yude Zhang, Baozhong Liu, Qianku Hu, Aiguo Zhou // Materials Science and Engineering B. 2015. V. 191. p. 33–40