Синтез в условиях высоких давлений наночастиц Fe-C и Fe-N, покрытых углеродными графитовыми оболочками

Баграмов Р.Х. [1]

bagramov@hppi.troitsk.ru
[1] ИФВД РАН им. Л.Ф. Верещагина, Москва, Троицк, Россия

Применение высоких давлений и температур (ВДВТ) позволяет менять химический и фазовый состав веществ, что отличает этот метод от других, применяемых для синтеза наночастиц. Этот метод относительно энергозатратный, однако он оказался эффективным при синтезе наночастиц Fe-C@C с ядрами из карбидов железа и углеродными графитовыми оболочками [1-3]. Задача синтеза частиц с нитридами железа Fe-N@C более сложная, и ее труднее решить с использованием других методов. Цель данной работы заключалась в синтезе наночастиц Fe-C@C и Fe-N@C под давлением до 8 ГПа, при температуре около 800 °C и исследовании их структуры и химического состава методами рентгеновской дифракции, электронной микроскопии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. В качестве исходных использовались ферроцен и его смесь с меламином (30 % по весу). В результате были получены наночастицы следующих типов: Fe_7C_3@C, Fe_3C@C и Fe_3N_{1+x}@C, средний размер которых был менее 60 нм. Исследования показали, что при давлениях до 8 ГПа и температурах до 800°C нитрид железа Fe_3N_{1+x} стабильнее любого из карбидов Fe_3C и Fe_7C_3. При тех же температурах (до 800°C) при 4 ГПа из карбидов стабильнее Fe_3C, а при 8 ГПа стабильнее Fe_7C_3. Однако, следует учитывать, что это относится к наноразмерным частицам в выбранных условиях синтеза, когда присутствует водород. Сравнение эмиссионных свойств материалов, содержащих наночастицы Fe_3C@C, с имеющимися в литературе данными показало, что по параметру напряжение начала эмиссии, они находятся на уровне перспективных современных эмиссионных материалов, включая наноразмерные металлы и оксиды, а также углеродные нанотрубки. Было показано, что Fe-N@C обладают магнитными свойствами. Удельная намагниченность при 7,5 кЭ в пересчете на массу нитрида, образца, полученного при 4 ГПа/800 °C из смеси ферроцена и меламина составила ~70 Гс*см^3/г. Таким образом, метод высоких давлений и температур достаточно эффективен для синтеза наночастиц соединений железа, покрытых графитоподобными оболочками. В настоящее время такие частицы находят широкое применение в биологии, медицине, фото- и электрокатализе, сенсорике и других областях.

Ссылки

1. R.H. Bagramov, V.D. Blank, N.R. Serebryanaya, G.A. Dubitsky, E.V. Tatyanin, V.V. Aksenenkov, Fuller. Nanotub. Carbon Nanostruct. (2012) **20,** 41.
2. V. Davydov, A. Rakhmanina, H. Allouchi, C. Autret, P. Limelette, V. Agafonov, Fuller. Nanotub. Carbon Nanostruct. (2012) **20,** 451.
3. S.S. Starchikov, V.A. Zayakhanov, A.L. Vasiliev, I.S. Lyubutin, A.O. Baskakov, Y.A. Nikiforova, K.O. Funtov, M.V. Lyubutina, L.F. Kulikova, V.N. Agafonov, V.A. Davydov, Carbon (2021) **178**, 708.