

The crystalline structure of CuS/Cu₂O/CuO-GO and CuO-GO nanocomposites is shown in Figure 2 in comparison to the GO nanoparticles. The XRD patterns reveal characteristic reflexes of graphene and GO and CuS, Cu₂O and CuO planes (Figure 2A) as well as distinct CuO crystalline phase on the GO network (Figure 2B).

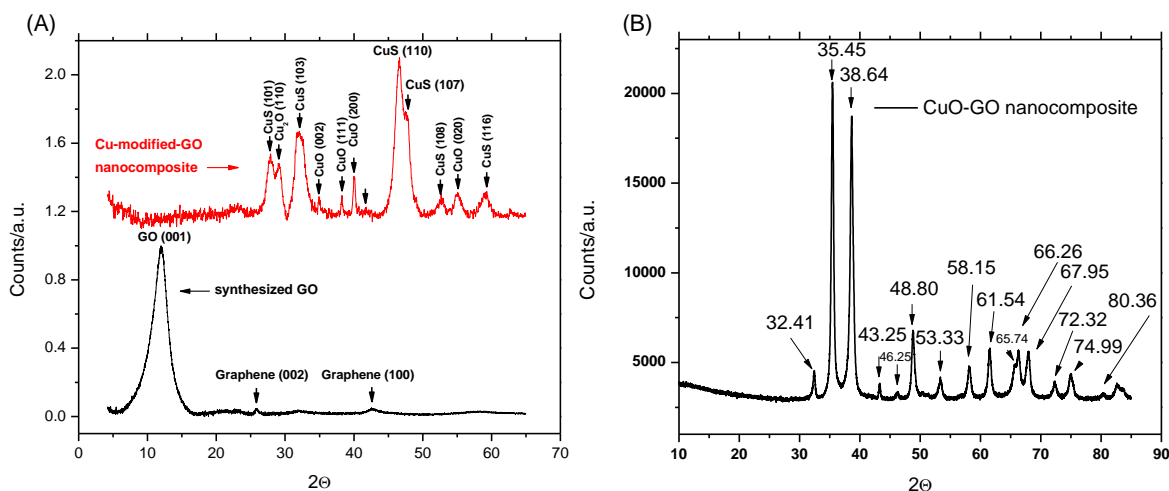


Figure 2 – X-Ray powder diffraction patterns of a) graphene oxide nanoparticles and CuS/Cu₂O/CuO-GO nanocomposite and b) CuO-GO nanocomposites that were synthesized in the use of the ultrasonic nanotechnology (20 kHz, 18W/cm²).

In conclusion, two different methods have been developed for the formation of new CuS/Cu₂O/CuO-GO and CuO-GO nanocomposites in the use of the ultrasonic nanotechnology via acoustic cavitation. The first one is based on the sonochemical synthesis of three types of copper compounds involving CuS phase and the second one is introduced by the ultrasonic binding of pre-formed CuO nanoparticles with the GO nanomaterial. At present both types of copper-GO nanocomposites are being studied for their interaction with aspirin and diclofenac in the use of ultrasound.

References:

1. Björnmalm, M. Bridging Bio-Nano Science and Cancer Nanomedicine / M. Björnmalm, K. J. Thurecht, M. Michael, A. M. Scott, F. Caruso // ACS Nano. – 2017. – Vol. 11, № 10. – P. 9594-9613.
2. Luo, D. Chemophototherapy: An Emerging Treatment Option for Solid Tumors / D. Luo, K. A. Carter, D. Miranda, J. F. Lovell // Adv. Sci. – 2017. – Vol. 4, № 1. – P. 1600106.
3. Weder, J. E. Copper Complexes of Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs: An Opportunity Yet to be Realized / J. E. Weder, C. T. Dillon, T. W. Hambley, B. J. Kennedy, P. A. Lay, J. R. Biffin, H. L. Regtop, N. M. Davies // Coord. Chem. Rev. – 2002. – Vol. 232, № 1-2. – P. 95-126.
4. Deng, L. Hybrid Iron Oxide-Graphene Oxide-Polysaccharides Microcapsule: A Micro-Matryoshka for On-Demand Drug Release and Antitumor Therapy In Vivo / L. Deng, Q. Li, S. Al-Rehili, H. Omar, A. Almalik, A. Alshamsan, J. Zhang, N. M. Khashab // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2016. – Vol. 8, № 11. – P. 6859-6868.
5. Suslick, K. S. Sonochemical Hot Spot / K. S. Suslick, D. A. Hammerton, R. E. Cline // J. Am. Chem. Soc. – 1986. – Vol. 108, № 18. – P. 5641-5642.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНЕТИТА В МАТРИЦЕ ОКИСЛЕННОГО ГРАФЕНА

Федосенко В.С., Табулина Л.В., Лабунов В.А., Радюк Д.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Радюк Д.В. – канд. физ.-мат. наук.

Разработан новый ультразвуковой метод для формирования суперпарамагнитного материала на основе оксида графена и магнетита с целью его применения в качестве магнитно-углеродной матрицы для носителя органических веществ. Новый магнитный наноккомпозит был синтезирован в водной фазе при воздействии ультразвука с частотой 20 кГц. Проведены исследования морфологии, состава и структуры нового наноккомпозитного материала. Установлено, что полученный

нанокомпозит имеет слоистую чешуйчатую структуру со сферическими наночастицами магнетита с пренебрежимо малым количеством вредных примесей, что особенно ценно для его применения в микро- и нанoeлектронике и наномедицине.

Наночастицы магнетита (Fe_3O_4) привлекли большого внимания ученых благодаря своим необычным физико-химическим свойствам, что связано с проявлением квантовых размерных эффектов. Интерес к наночастицам магнетита, обусловлен доступностью синтеза суперпарамагнитных коллоидов, возможностью управлять их размерами и морфологией на наномасштабе и улучшенными магнитными характеристиками. На основе наночастиц оксида железа разработаны уникальные средства для медицины и биохимии [1]; эти наночастицы могут быть использованы в системах записи и хранения информации, в новых постоянных магнитах, в качестве материала для применения в диодах Шоттки [2].

В качестве матрицы для наночастиц магнетита был выбран оксид графена. Оксид графена (ГО) обладает большой удельной поверхностью и биосовместимостью, представляет собой отличную платформу для генерации композитов благодаря наличию гидроксильных, эпоксидных и карбоциклических групп [3]. Эти функциональные группы позволяют разрабатывать различные гибридные материалы на основе ГО с помощью упрощенной химической модификации листов оксида графена путем включения неорганических или органических молекул. В качестве такого гибридного наноматериала можно использовать оксид железа.

Мы разработали новый метод для получения уникального магнитного наноматериала на основе окисленного графена с помощью нанотехнологии акустической кавитации. Акустическая кавитация представляет собой формирование, рост и схлопывание паро/газообразных пузырьков в жидкости, находящейся в ультразвуковом поле. Схлопывание таких пузырьков приводит к быстрому локальному сжатию пара/газа с формированием «горячих точек», имеющих высокую температуру (~ 5000K) и давление (~ 1000 atm). Такие высокоэнергетические условия способствуют сонохимическим реакциям окисления-восстановления, требуемые для химической модификации ГО и синтеза нанокомпозита на основе такого ГО с магнетитом.

Полученный нами нанокомпозит магнетита на основе оксида графена охарактеризовали с помощью растровой электронной микроскопии, метода порошковой рентгеновской дифракции и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (рисунок 1).

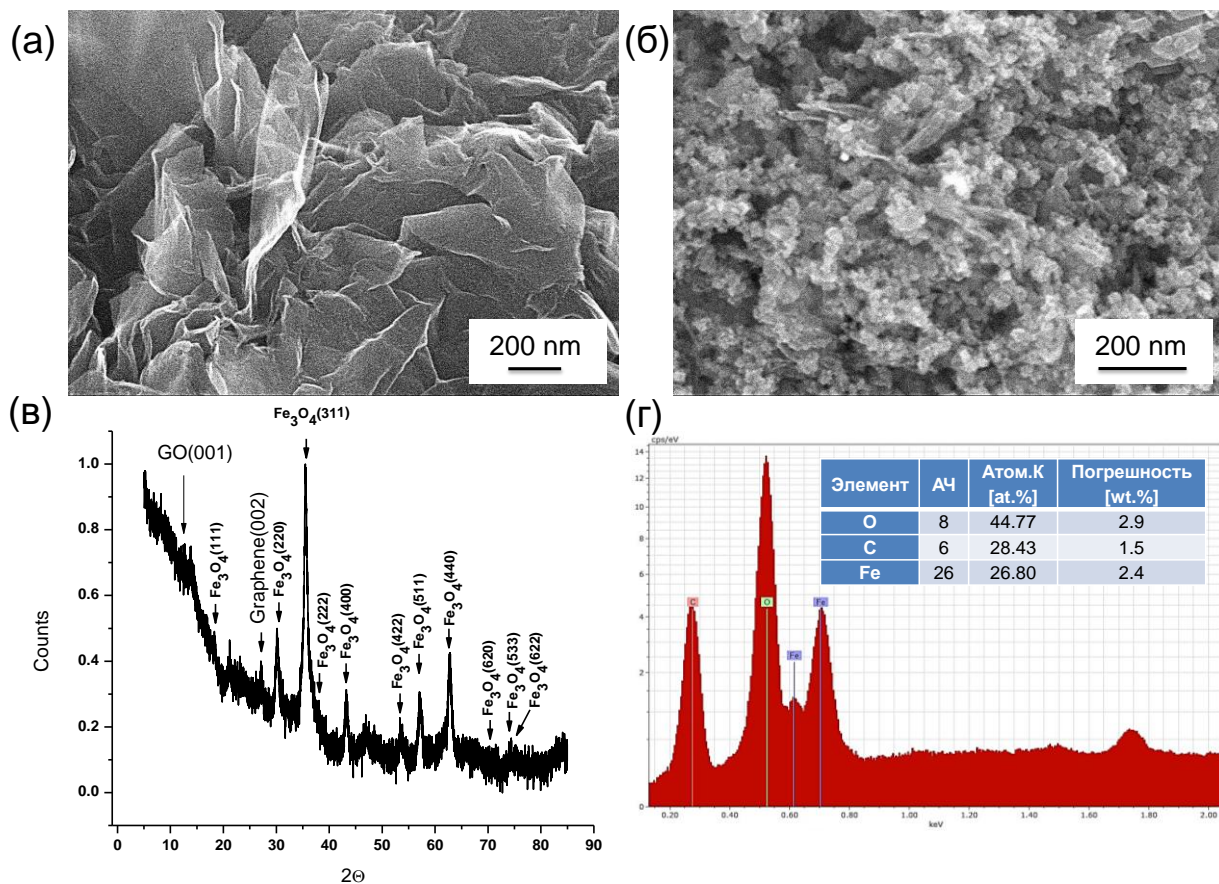


Рисунок 1 – Морфология и состав магнитного нанокомпозита, изготовленного на основе наночастиц магнетита и окисленного графена с помощью метода акустической кавитации.

а),б) – РЭМ снимки окисленного графена и синтезированного магнитного нанокompозита на его основе; в) – XRD рентгенограмма полученного суперпарамагнитного нанокompозита; г) – EDX диаграмма элементного состава данного нанокompозита

Из полученных методом сканирующей электронной микроскопии снимков видно, что наноматериал оксид графена имеет форму тонких пластин и слоистую структуру, с толщиной порядка несколько десятков нм, а нанокompозит магнетита на его основе представляет собой чешуйчатую структуру со сферическими наночастицами с размером (20 ± 5) нм (рис.1а и б). Большинство пиков на рентгенограмме появляются от кристаллической фазы магнетита Fe_3O_4 , в тоже время пики от оксида графена и графена можно также наблюдать в нанокompозите (рис.1в). Исходя из EDX-анализа можно сделать вывод о химическом составе синтезированного нанокompозита: O (~ 45%), C (~ 28%) и Fe (~ 27%) (рис.1г). Как видно, основными компонентами суперпарамагнитного нанокompозита являются кислород, углерод и железо с пренебрежимо малым количеством примесей, что свидетельствует о чистоте наноматериала и его потенциальной применимости в микро- и наноэлектронике и наномедицине.

Список использованных источников:

1. Sophie Laurent, Delphine Forge, Marc Port. Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Vectorization, Physicochemical Characterizations, and Biological Applications // Chem. Rev. 2008, 108, 2064-2110.
2. Sakir Aydogan, Kadem Meral. A new route for the synthesis of graphene oxide- Fe_3O_4 (GO- Fe_3O_4) nanocomposites and their schottky diode applications: Manuscript // Journal of ALLOWS AND COMPOUNDS 2013, 29513.
3. Graphene Oxide: Fundamentals and Applications: Book / John Wiley & Sons- Ayrat M. Dimiev Siegfried Eigler, 2017.

СТРУКТУРНЫЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА

Гнисько А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Баглов А.В. – научн. сопр. НИЛ 4.11

Графитоподобный нитрид углерода был изготовлен методом пиролитического разложения тиомочевин. Этот материал в виде порошка имеет кораллоподобную структуру субмикронного масштаба с включенными пластинками толщиной 300 - 400 нм. Такая сложная структура может быть перспективной для фотокаталитических применений. пиковое значение люминесценции $g-C_3N_4$ как правило находится в промежутке 450-500 нм. Температура получения значительно влияет на люминесцентные свойства полученного материала, увеличение температуры в пределах 400-500 °С улучшают люминесцентные свойства, а дальнейшее увеличение температуры ведёт к их ухудшению.

Развитие физико-химии графена, в частности подходов к приданию ему полупроводниковых свойств, стимулировало поиск новых слоистых соединений, которые имеют перспективы возможного практического использования. В связи с этим внимание исследователей привлёк давно известный, однако до сих пор мало изученный материал – графитоподобный нитрид углерода ($g-C_3N_4$) [1]. Этот материал состоит только из C, N и небольшого количества H. В отличие от графена, $g-C_3N_4$ является полупроводником со средней шириной запрещенной зоны и является эффективным фотокатализатором и химическим катализатором для широкого спектра реакций [2]. В данной работе приведены результаты исследования структурных и люминесцентных свойств графитоподобного нитрида углерода, полученного пиролизом тиомочевин.

Синтез $g-C_3N_4$ был проведён по следующей методике. В чистый керамический тигель объемом 20 мл было помещено 2 г тиомочевин ($CS(NH_2)_2$) чистотой не менее 98%. Тигель был герметизирован 8-слойным листком алюминиевой фольги, плотно прижатым к его открытой части, для уменьшения истечения газов из тигля в процессе пиролиза, а также для изоляции синтезированного материала от атмосферного кислорода в процессе остывания. Пиролиз проводился в муфельной печи при температурах 400, 500 и 600 °С в течение 30 мин для трёх различных образцов. Средняя скорость нагрева печи от комнатной температуры до температуры синтеза составляла 12 °С/мин. Структура полученного материала была исследована с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ). Так же было проведено исследование люминесцентных свойств образцов полученных при различной температуре.

Поверхность синтезированного материала шероховатая и состоит из блоков различного размера и формы (рисунок 1, а). При большем увеличении по всему объему можно обнаружить неравномерно распределенные пластинки материала толщиной 300 – 400 нм, уходящие вглубь материала, по косвенным признакам, не более чем на 20 – 25 мкм (рисунок 1, б). Остальная часть