

А. С. Бегунова*, Р. В. Камалов, Г. А. Яковлев

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

* *n.s.begun@gmail.com*

Научный руководитель – проф., канд. техн. наук *В. И. Гроховский*

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР МЕТЕОРИТА СЕЙМЧАН НА СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

В качестве подложек при синтезе углеродных нанотрубок химическим осаждением из газовой фазы применяют Fe, Ni, Co и их сплавы. В настоящей работе синтез нанотрубок осуществлялся на поверхности палласита Сеймчан. Образцы метеорита содержали в себе системы сплавов Fe–Ni с различной структурой и содержанием Ni. Была изучена зависимость роста УНТ от состава подложки.

Ключевые слова: нанотрубки, синтез, метеорит, Сеймчан, CVD.

A. S. Begunova, R. V. Kamalov, G. A. Yakovlev, V. I. Grokhovsky

INFLUENCE OF METEORITE SEYMCHAN SURFACE STRUCTURES ON SYNTHESIS OF CARBON NANOTUBES

Fe, Ni, Co and their alloys substrates are applied for synthesis of carbon nanotubes by CVD technique. In this work carbon nanotubes were synthesized on the surface of Seymchan Pallasite. Meteorite surface consists on different Fe-Ni alloys, which are represented by various structures and nickel content. The dependence of carbon nanotubes growth on the composition of surface is studied.

Keywords: nanotubes, CVD, synthesis, meteorite, Seymchan.

Синтез углеродных нанотрубок (УНТ) методом химического парофазного осаждения (CVD) осуществляется на поверхностях, содержащих зародыши для формирования углеродных структур. В качестве таких поверхностей используются Fe, Ni, Co подложки [1]. В данной работе использовалась металлическая часть палласита Сеймчан. Образцы имели видманштеттовую структуру, образованную балками камасита (α -фаза (Fe,Ni) с 4–7,5 мас. % Ni) и различную морфологию плессита – мелкодисперсная смесь камасита и тэнита (γ -фаза (Ni, Fe), 25–65 мас. % Ni) [2, 3]. Наличие разных железоникелевых минералов на небольшом участке образца (1–2 см²) позволяет проследить зависимость роста УНТ от состава подложки.

Образцы метеорита были подготовлены по стандартной методике приготовления металлографических шлифов, затем подвергнуты

травлению в 2 % растворе HNO_3 в $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Углеродные нанотрубки синтезировали на автоматизированной установке CVDomna, в реакционную зону которой подавалась парогазовая смесь, содержащая этиловый спирт (95 %). Процесс пиролиза этанола проводился при температуре 600 °С и давлении 15 кПа в течение 5 минут. Охлаждение образца проводилось в разряженной атмосфере воздуха. Затем образец механически зачищался от плохо сцепленного осажденного углерода и исследовался с помощью сканирующего электронного микроскопа SIGMA VP. После этого часть образца была механически очищена от углерода для проведения химического анализа.

Методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии был исследован химический состав этих областей. Как видно на рис. 2 и в таблице, содержание никеля в областях 1–5 больше 15 %, структура образца в этих областях состоит из плессита, кроме того, при приближении к области 5 содержание никеля увеличивается до 41 %, что свидетельствует о наличии в этом месте образца М-профиля [3]. Области 6–9 содержат не более 7,5 % никеля, что соответствует камаситу.

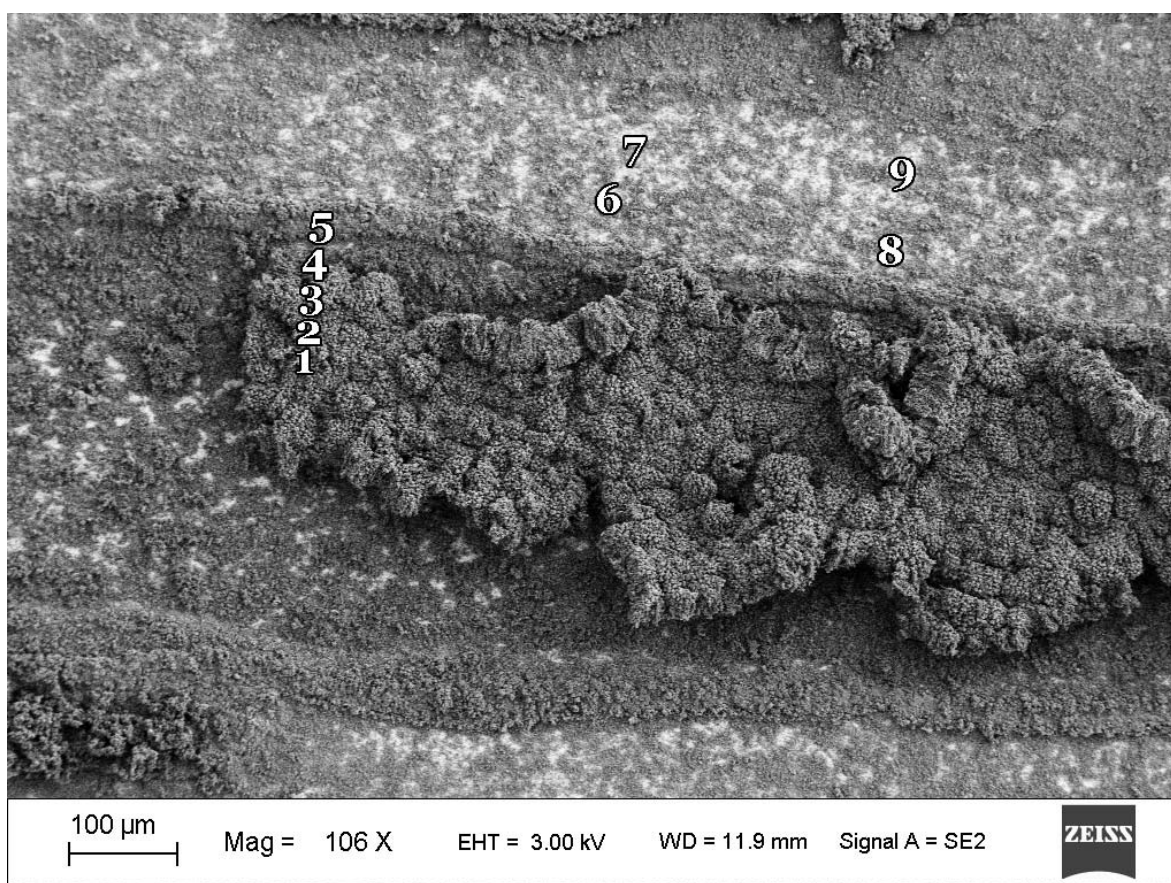


Рис. 1. SEM-изображение с областями EDS анализа: 1–5 – плессит, 6–9 – камасит

Области химического анализа

Плессит		Камасит	
Область анализа	содержание Ni, мас. %	Область анализа	содержание Ni, мас. %
1	15,7	6	7,2
2	18,6	7	7,0
3	23,1	8	6,5
4	27,6	9	7,0
5	41,0	—	—

С помощью сканирующего электронного микроскопа были найдены нанотрубки на поверхности образца. Области 1–5, соответствующие плесситу преимущественно содержали углеродные нанотрубки с аспектным отношением больше 10 (рис. 2, *а*), диаметр трубок 108–219 нм, средний диаметр – 156 нм. В областях 6–9, соответствующих камаситу, присутствуют нанотрубки с аспектным отношением 4–6 (рис. 2, *б*), диаметр трубок 93–237 нм, средний диаметр 154 нм.

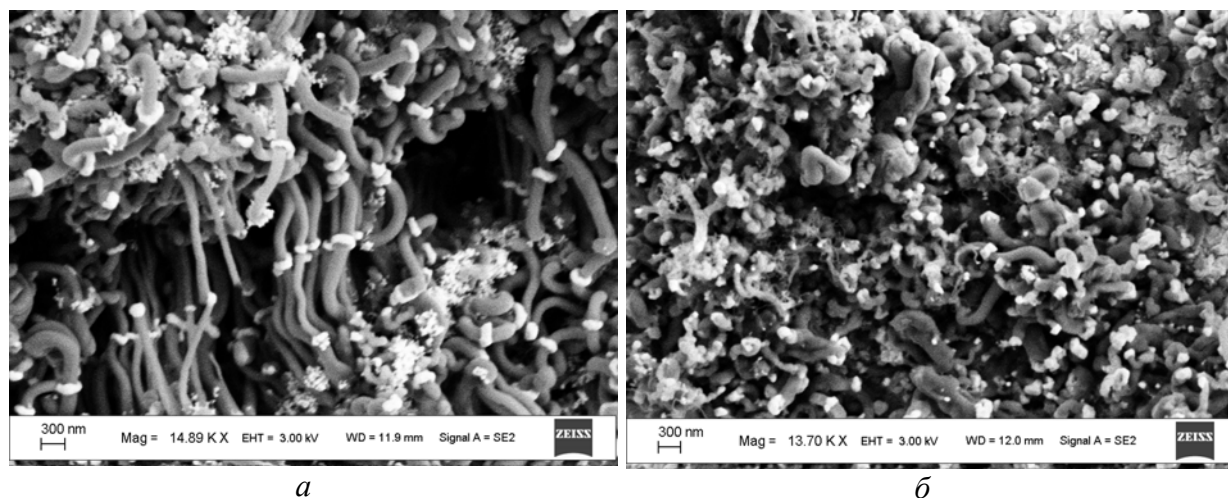


Рис. 2. SEM-изображения углеродных нанотрубок с высоким аспектным отношением (*а*) и низким (*б*)

В процессе исследования было выявлено, что состав подложки влияет на рост углеродных нанотрубок CVD-методом. Наиболее ровный массив нанотрубок с диаметрами в диапазоне 108–219 нм и высоким аспектным отношением получен на поверхности со структурой плессита (содержание никеля 15–41 мас. %). На поверхности камасита (содержание никеля до 7,5 мас. %) получены углеродные образования с малым аспектным отношением 4–6 и диаметром 93–237 нм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar M. Y. CVD of CNT: A Review on Growth Mechanism and Mass Production / M. Kumar, Y. Ando // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2010. Vol. 10. P. 3739–3758.
2. Seymchan: a main group pallasite – not an iron meteorite / D. van Niekerk D [et al.] // Meteoritics and Planetary Science. 2007. Vol. 42. P. 154.
3. Buchwald V. F. Primary Structures of Iron Meteorites. Handbook of Iron Meteorites / V. F. Buchwald // The Regents of the University of California. 1975. Vol. 1. P. 115–124.