

4. Ринкевич А.Б., Корх Ю.В., Смородинский Я.Г. Перспективы применения неразрушающего контроля для диагностики нано- и микроструктурных материалов // Дефектоскопия. – 2010. – № 1.
5. Hou T., Loh K.J., Lynch J.P. Spatial conductivity mapping of carbon nanotube composite thin films by electrical impedance tomography for sensing applications // Nanotechnology. – 2007. – Vol. 18.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Б.Н. Рыгалин.

**Рындин Евгений Адальбертович**

Южный научный центр Российской академии наук.

E-mail: ryn@fep.tti.sfedu.ru.

344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41.

Тел.: 88634311584.

Ведущий научный сотрудник; д.т.н.; доцент.

**Исаева Алина Сергеевна**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: ryn@fep.tti.sfedu.ru

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634311584.

Аспирантка.

**Ryndin Eugeny Adalbertovich**

Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences.

E-mail: ryn@fep.tti.sfedu.ru.

41, Chekhov Street, Rostov-on-Don, 344006, Russia.

Phone: +78634311584.

Senior Researcher; Dr. of Eng. Sc.: Associate Professor.

**Isaeva Alina Sergeevna**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: ageev@fep.tti.sfedu.ru.

E-mail: ryn@fep.tti.sfedu.ru

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634311584.

Postgraduate Student.

УДК 001.89: 539.2 (621.382.132)

**В.С. Климин, О.А. Агеев, И.О. Ильин, А.А. Федотов**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ  
СТРУКТУР ИЗ ПЛЕНКИ Ni ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ  
НАНОТРУБОК**

*Каталитические центры сформированы на подложке из пленки никеля на кремниевой подложке с подслоем ванадия нагревом в реакторе модуля нанотехнологического комплекса НАНОФАБ НТК-9 в рабочей атмосфере газов аммиака и аргона. Были исследованы режимы получения каталитических центров на различных стадиях их формирования, проведены эксперименты по влиянию давления на стадии активации, получены зависимости их геометрических параметров, таких как диаметр, средняя высота, шероховатость, объем и другие от температуры формирования. Сведения, полученные из зависимостей, позволи-*

ли оптимизировать процесс выращивания углеродных нанотрубок методом химического осаждения из газовой фазы в индуцированной плазме.

*Каталитические центры; углеродные нанотрубки; химическое осаждение из газовой фазы в индуцированной плазме.*

**V.S. Klimin, O.A. Ageev, I.O. Pin, A.A. Fedotov.**

### **FORMATION AND RESEARCH OF CATALYTIC STRUCTURES OBTAINED FROM Ni FILMS FOR GROWING CARBON NANOTUBES**

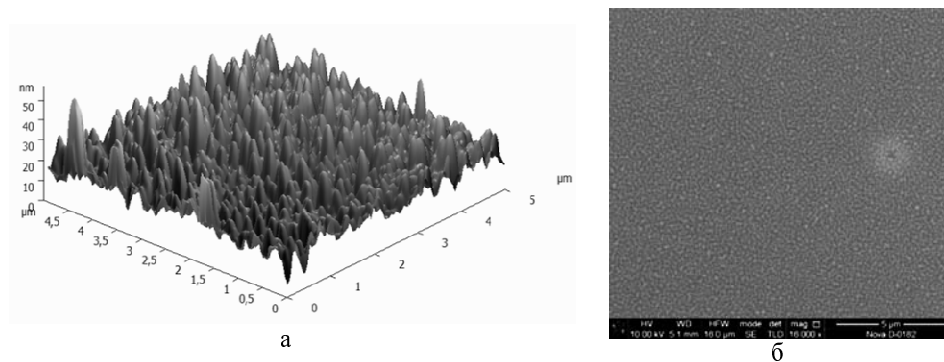
*Catalytic centers are formed on a substrate of nickel film on a silicon substrate with a sub-layer of vanadium, heated in the reactor module nanotech complex NANOFAB NTF-9 in the working atmosphere of ammonia gas, and argon. Were investigated regimes of catalytic centers in various stages of their formation is also carried out experiments on the effect of pressure on the activation phase. The dependencies of their geometric parameters such as diameter, average height, roughness, volume, and others from the formation temperature. Information obtained from the plots, possible to optimize the growth process of carbon nanotubes by plasma enhances chemical vapor deposition.*

*Catalytic centers; carbon nanotubes; chemical vapor deposition in the induced plasma.*

Одним из основных факторов, влияющих на процесс зарождения и последующего роста УНТ, является геометрический размер и химический состав каталитических центров (КЦ), которые определяют диаметр и свойство нанотрубок [1]. Рост УНТ проходит в 3 основных этапа: нагрев, активация и осаждение УНТ из углеродосодержащего газа [2].

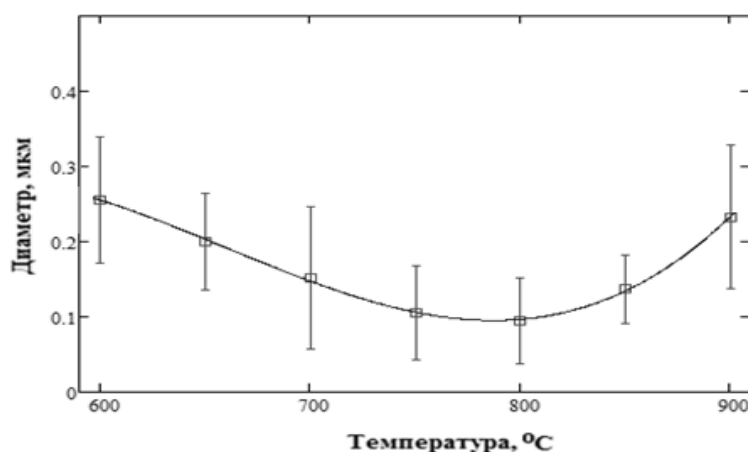
В работе проведены экспериментальные исследования режимов формирования КЦ на этапах нагрева и активации. В исследованиях использовались кремниевые подложки с пленочной структурой V(10нм)/Ni(20нм).

Нагрев исходной подложки проводился в диапазоне температур 600–900 °С с интервалом в 50 °С. На рис. 1,а изображен АСМ-скан образца после термообработки при температуре 850 °С.

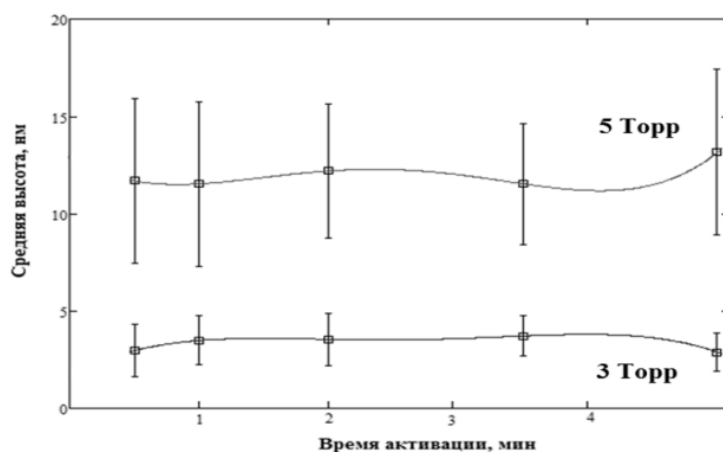


*Рис. 1. Изображение каталитических центров, полученных с помощью: а – атомно-силовой микроскопии; б – растровой электронной микроскопии*

На стадии активации проводились исследования влияния геометрических параметров КЦ от времени активации и от давления, при фиксированной температуре. По результатам эксперимента выявлена незначительная зависимость параметров КЦ от времени активации, однако большее влияние на параметры оказывает давление в реакторе. На рис. 1,б приведен РЭМ изображение образца после стадии активации при давлении в 3 Торр.



а



б

Рис. 2. Зависимость диаметра (а) каталитических центров от температуры нагрева подложки и средней высоты (б) каталитических центров от времени активации при давлении 3 Торр и 5 Торр

По результатам численной обработки экспериментов были построены зависимости (рис. 2), из которых следует, что для выбранного метода формирования КЦ диапазон оптимальных температур лежит в пределах 700–800 °C.

Полученные результаты могут использоваться для оптимизации процесса выращивания углеродных нанотрубок методом ПГФХО.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меуарпан М., Cassell А., Delzeit L., Hash D. Carbon nanotube growth by PECVD // Appl. Phys. Lett. – 2002. – № 81 (901).
2. Агеев О.А., Коломийцев А.С., Михайличенко А.В., и др. Получение наноразмерных структур на основе нанотехнологического комплекса НАНОФАБ НТК-9 // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 1 (114). – С. 109-116.

Статью рекомендовал к опубликованию д.х.н. А.Д. Дубоносов.

**Агеев Олег Алексеевич**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: ageev@fep.tti.sfedu.ru.

347928, г. Таганрог, ул. Шевченко, 2.

Тел.: 88634371611.

Кафедра технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры; заведующий кафедрой; д.т.н; профессор.

**Климин Виктор Сергеевич**

E-mail: KliminV.S@mail.ru.

Кафедра технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры; аспирант.

**Ильин Олег Игоревич**

E-mail: ru.saint@gmail.com.

Кафедра технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры; студент.

**Федотов Александр Александрович**

E-mail: alexandr.a.fedotov@gmail.com.

Кафедра технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры; доцент.

**Ageev Oleg Alexeevich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: ageev@fep.tti.sfedu.ru.

2, Shevchenko Street, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371611.

The Department of Micro- and Nanoelectronics; Head the Department; Dr. of Eng. Sc., Professor.

**Klimin Victor Sergeevich**

E-mail: KliminV.S@mail.ru.

The Department of Micro- and Nanoelectronics; Postgraduate Student.

**Ilin Oleg Igorevich**

E-mail: ru.saint@gmail.com.

The Department of Micro- and Nanoelectronics; Student.

**Fedotov Alexandr Alexandrovich**

E-mail: alexandr.a.fedotov@gmail.com.

The Department of Micro- and Nanoelectronics; Associate Professor.

УДК 621.382.2

**В.В. Кушнир**

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЛЕНОЧНОГО СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА**

*Рассматриваются вопросы влияния электрофизических и технологических свойств полупроводниковых материалов на характеристики преобразователей солнечной энергии. Определены оптимальные значения толщин рабочих слоев полупроводниковых солнечных элементов на основе гетероструктуры Si/ZnO. Проведено моделирование вольт-амперных характеристик для рассматриваемой конструкции солнечного элемента, с помощью которого были определены оптимальные толщины слоев, при которых значение тока короткого замыкания и, следовательно, коэффициента полезного действия элемента было максимальным.*

*Солнечные элементы; тонкие пленки; оксид цинка; коэффициент полезного действия.*