

Российская Академия Наук
Российский фонд фундаментальных исследований
Академия Наук Республики Татарстан
Министерство образования и науки Республики Татарстан
Научный совет РАН по комплексной проблеме "Физика
низкотемпературной плазмы"
ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН»
ФГБУН «Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН»
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ВСЕРОССИЙСКАЯ (С МЕЖДУНАРОДНЫМ
УЧАСТИЕМ) КОНФЕРЕНЦИЯ

«ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ»
ФНТП-2017

5 – 9 июня 2017 г.

Сборник тезисов

Казань

2017

УДК 533.9
ББК 22.333

Всероссийская (с международным участием) конференция «Физика низкотемпературной плазмы» ФНТП-2017: сборник тезисов; – Казань: Изд-во «Отечество», 2017. – 264 с.

ISBN

Представлены материалы Всероссийской (с международным участием) конференции «Физика низкотемпературной плазмы» ФНТП-2017, где отражены новые направления развития физики низкотемпературной плазмы и смежных областей.

Представляет интерес для специалистов, инженеров, молодых ученых и студентов, работающих и ведущих исследования в области физики низкотемпературной плазмы.

Конференция проведена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 17-02-20165.

Редакционная коллегия:

Кашапов Н.Ф. – проректор по инженерной деятельности КФУ, зам. председателя

Файрушин И.И. – доцент КФУ, ученый секретарь

Фадеев С.А. – ассистент КФУ

Шайдуллин Л.Р. – инженер КФУ

ISBN

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В ПЛАЗМЕ БАРЬЕРНОГО ГАЗОВОГО РАЗРЯДА АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

PHYSICO-TECHNICAL PROPERTIES OF POLYMER COATINGS, DEPOSITED AT ATMOSPHERIC PRESSURE IN THE BARRIER GAS DISCHARGE PLASMA

Данилаев М.П.¹, Богослов Е.А.¹, Польский Ю.Е.¹, Вахитов И.Р.²,
Гумаров А.И.², Янилкин И.В.², Тагиров Л.Р.^{2,3}

¹Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева –
КАИ, Российская Федерация, 420111 г. Казань, ул. К. Маркса 10, E-mail: danilaev@mail.ru

²Казанский федеральный университет, Российская Федерация, 420008 г. Казань,
ул. Кремлевская 18, E-mail: amir@gumarov.ru

³Институт перспективных исследований АН РТ, г. Казань, 420111 ул. Лево-Булачная, 36а,
ltagirov@mail.ru

В работе определены параметры разряда (плотность тока не более 25 мА/см², мощность не более 200 Вт), обеспечивающих формирование полистирольной пленки с воспроизводимыми свойствами (толщина, однородность и чистота покрытия).

The discharge parameters (current density not more than 25 mA/cm², output power not more than 200 watts), providing formation of polystyrene films with reproducible properties (thickness, uniformity and purity of the coating) are shown in the presentation.

Возможность получения в плазме газового разряда полимерных покрытий с требуемыми свойствами на поверхности различных субстратов; стимулировала рост исследований в этом направлении [1,2]. При этом важно обеспечить воспроизводимость физико-технических свойств полимерных покрытий, например, толщины, однородности, сплошности и чистоты покрытия. В данной работе определено влияние основных параметров формирования полимерных пленочных покрытий в плазме барьерного газового разряда атмосферного давления на толщину полимерных пленок. Формирование полистирольной пленки осуществлялось на предметном стекле в плазмохимическом реакторе, приведенном в работе [2]. В результате наших исследований показано, что скорость роста полимерного пленочного покрытия линейно зависит от плотности тока, которая изменялась в диапазоне (7–25 мА/см²), и определяется концентрацией мономера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.А. Богослов, М.П. Данилаев, Ю.Е. Польский, И.Р. Вахитов, А.И. Гумаров, И.В. Янилкин, Л.Р. Тагиров. *Физика и химия обработки материалов* **1** (2017) в печати.
2. Е.А. Богослов, М.П. Данилаев, Ю.Е. Польский, М.С. Пудовкин. *Физика и химия обработки материалов* **2** (2016) 23.

СИНТЕЗ N-ДОПИРОВАННЫХ ГРАФЕНОВ В ПЛАЗМОСТРУЙНОМ РЕАКТОРЕ

ONE-STEP SYNTHESIS OF N-DOPED GRAPHENE IN A PLASMA JET REACTOR

Шавелкина М.Б.¹, Амиров Р.Х.¹, Канашенко С.Л.², Наумкин А.Н.³,
Вахитов И.Р.⁴, Гумаров А.И.⁴, Янилкин И.В.⁴, Тагиров Л.Р.⁴
¹Shavelkina M.B., ¹Amirov R.Kh., ²Kanashenko S.L., ³Naumkin A.N.,
⁴Vakhitov I.R., ⁴Gumarov A.I., ⁴Yanilkin I.V., ⁴Tagirov L.R.

¹ Объединенный институт высоких температур РАН, Россия, 125412 Москва, Ул. Ижорская 13, строение 2, e-mail: mshavelkina@gmail.com

² Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, д. 10, стр.8, e-mail: serkanash@mail.ru

³ Институт элементоорганических соединений им. А.Н.Несмеянова РАН, Россия, 119991, ГСП-1, Москва, 119334, ул. Вавилова, 28. e-mail: naumkin@ineos.ac.ru

⁴ Институт физики Казанского (Приволжского) федерального университета, Россия 420008, Казань, ул. Кремлевская, 16а. e-mail: iskvakhitov@gmail.com

Исследована возможность контроля легирования графена азотом при его синтезе в плазмоструйном реакторе. С помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии показано, что при разложении углеводородов (пропан-бутановой смеси, метана, ацетилена) в струе азотной плазмы в графеновых структурах образуются различные связи C-N, которые вносят структурную неустойчивость.

The possibility of controlling doping of graphene with nitrogen during its synthesis in a plasma jet reactor has been studied. Using X-ray photoelectron spectroscopy, it has been shown that in the decomposition of hydrocarbons (propane-butane mixture, methane, acetylene) in a jet of nitrogen plasma, different C-N bonds are formed in graphene structures, and they introduce structural instability.

Плазменная обработка является одним из простых способов структурирования графена. Проведенное с помощью плазмы химическое легирование является эффективным способом приготовления графена с контролируруемыми оптическими, химическими и электронными свойствами. При функциональной модификации графена азотом могут быть сформированы участки с высокой каталитической активностью, что важно для различных применений в области энергетики. Основная цель настоящей работы – определение экспериментальных условий, при которых происходит образование связей C-N с заданными относительными концентрациями. Идентификация химических связей осуществлялась методом РФЭС основных уровней, валентной зоны и оже-спектроскопии с рентгеновским возбуждением. На основании анализа спектров, полученных в безазотной атмосфере и в азотной плазме при 350 торр, определены степень sp^2 -гибридизации и функционализации графеновых структур. Это позволяет установить корреляцию оптимальных условий синтеза графенов с их структурой. Показана избирательность и управляемость плазменных технологий для крупномасштабной быстрой функционализации графена для современных применений.

СИНТЕЗ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК Pd_{1-x}Fe_x, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ И МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ

MAGNETIC PROPERTIES OF Pd_{1-x}Fe_x THIN FILMS SYNTHESIZED BY MAGNETRON SPUTTERING AND MOLECULAR BEAM EPITAXY

A. Esmaeili¹, Н.П. Никитин¹, И.В. Янилкин¹, И.Р. Вахитов¹, А.И. Гумаров¹,
М.Н. Алиев³, Р.В. Юсупов¹, Л.Р. Тагиров^{1,2,4}

¹Казанский федеральный университет, 420008 Казань, ул. Кремлевская 18

²Казанский физико-технический институт РАН, 420029 Казань, ул. Сибирский тракт 10/7

³Baku State University, Z. Khalilov 23, AZ- 1148 Baku, Azerbaijan

⁴Институт перспективных исследований АН РТ, 420111 Казань, ул. Левобулачная 36А
yanilkin-igor@yandex.ru

Сверхтонкие (20 нм) пленки сплава палладий-железо Pd_{1-x}Fe_x (x=0.01-0.2) были выращены методами молекулярно-лучевой эпитаксии (МВЕ) и магнетронного ко-испарения (MS) мишеней из палладия и железа в сверхвысоковакуумной установке (SPECS, BESTEC). В качестве подложек использовались монокристаллы кремния и оксида магния. Установлено, что намагниченность и температура Кюри пленок систематически возрастают с увеличением в них концентрации железа.

Ultrathin (20 nm) Pd_{1-x}Fe_x films with x = 0.01 - 0.2 were synthesized by means of the molecular beam epitaxy (MBE) and magnetron sputtering (MS) techniques under ultra-high vacuum conditions (SPECS, BESTEC). Magnesium oxide (MgO) and silicon single crystals were used as the substrates for MBE and MS depositions, respectively. It was found that the magnetization and Curie temperature of the films grew systematically with an increase of iron concentration.

Для исследования кристалличности поверхности подложек и пленок использовалась методика дифракции медленных электронов (SPECS Er-LEED-3000-D). Содержание Fe в синтезированных сплавах определялось методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС, SPECS), толщина пленок контролировалась стилусным профилометром *Dektak XT* (BRUKER). Исследования магнитных свойств образцов проводились на вибрационном магнетометре (Quantum Design PPMS-9) в диапазоне температур 2.5-300 К.

Коэрцитивное поле эпитаксиальных пленок, полученных методом МВЕ, в несколько раз меньше по сравнению с пленками, полученными методом MS. Низкотемпературные магнитные измерения (при 5К) эпитаксиально-выращенных пленок показали значение коэрцитивного поля равное 7 эрстед.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (14-02-00793_a) и ФЦКП ФХИ КФУ.

ELECTRICAL PROPERTIES OF TITANIUM NITRIDE FILMS SYNTHESIZED BY REACTIVE MAGNETRON SPUTTERING

Mohammed W.M., Gumarov A.I., Vakhitov I.R., Yanilkin I.V.,

Nikitin S.I., Tagirov L.R., Yusupov R.V.

Kazan Federal University, Kremlevskaya str. 16a, 420008 Kazan, Russia

e-mail: waelmohammed88@yahoo.com

A use of the four-probe resistance measurements as a tool for characterization of a quality of titanium nitride thin films deposited by the reactive dc magnetron sputtering will be discussed in the report. Few series of ~ 50 nm thick films on various substrates as fused silica, monocrystalline silicon and magnesium oxide have been deposited with several degrees of freedom (substrate temperature, magnetron chamber atmosphere and working pressure etc.) varied in a wide range. Electrical resistivity correlation with the films properties will be reported.

Titanium nitride (TiN) is a material that for a long time is used in many technological, medical and scientific fields due to its outstanding properties. Recently, it has been found that TiN thin films may serve also as the plasmonic materials that can hold the temperatures much higher than the classic plasmonic elementary compounds like gold, silver or copper [1].

Titanium nitride (TiN) films were deposited by the reactive dc magnetron sputtering with the power of 150 W on the cleaned silicon, fused silica and crystalline magnesium oxide substrates at room temperature. Titanium metal target with a purity of 99.99% was used for deposition. Before the deposition the pressure was set to $5 \cdot 10^{-3}$ mbar inside the chamber with argon and nitrogen gas partial pressures of Ar: N₂ = 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 and 8:2. The film compositions were tested with X-ray photoemission spectroscopy both before the samples were taken out of the deposition setup and after leaving them for some time in the air.

The resistivity measurements were performed using the van der Pauw four-point probe system. One of the problems that had to be solved was a development of the way to create the resistive connection which was not the case for, e.g., aluminium or gold wire ultrasound bonding. We have found that the best choice is the indium/gallium alloy.

Results of the correlation study between the structure, composition, deposition conditions with the resistivity value of the films will be reported and discussed.

REFERENCES

1. G.V. Naik et al. *Optical Materials Express* **2** (2012) 478.