



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ им. Ф.В. ЛУКИНА"
(ФГУП "НИИФП им. Ф.В.Лукина")

124460, Москва, г. Зеленоград, Георгиевский проспект, д. 5
Тел.: (499) 731-13-06, факс: (499) 731-55-92
E-mail: admin@niifp.ru

ИНН 7735043980 КПП 773501001 ОКВЭД 73.10
ОКПО 11474563 ОКАТО 45272576000
р/с 40502810838150100025 в Московском
Банке Сбербанка России ОАО г. Москва
к/с 30101810400000000225 БИК 044525225

№ 397

от 02.10.15

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию А.В. Попковой

«Разработка основ технологии получения нанокompозитов FeCo/C

на основе солей металлов и полиакрилонитрила

под действием ИК нагрева»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники» (05.27.06)

Развитие систем высокоскоростной беспроводной, цифровой и спутниковой связи, потребность в повышении пропускной способности беспроводных систем связи и улучшении характеристик таких систем стимулируют работы в области электроники СВЧ диапазона. Неразрывно с задачами развития систем излучения и передачи в СВЧ диапазоне стоит задача эффективного поглощения электромагнитного излучения (ЭМИ) для защиты окружающей среды, маскировки объектов и т.д. Рассматриваемая диссертационная работа посвящена разработке экономичного метода получения поглощающих покрытий для применения в СВЧ диапазоне, что обуславливает её несомненную актуальность.

В качестве материала для поглощающего покрытия А.В. Попковой был выбран перспективный материал – FeCo, наночастицы которого расположены в углеродной матрице. Для выбора метода синтеза указанного композита был проведен значительный литературный обзор, приведенный в первой главе, который показал экономическую и техническую

целесообразность использования метода получения нанокompозитов FeCo/C на основе солей металлов и полиакрилонитрила под действием ИК нагрева.

Для разработки метода, позволяющего производить контролируемый синтез обсуждаемого нанокompозита диссертантом были проведены подробные исследования химических процессов в используемых прекурсорах под действием ИК-нагрева и теоретическое моделирование структуры, описания которых приведены во 2-й главе. Моделирование показало возможность прогнозируемо изменять проводящие характеристики металл-углеродного нанокompозита при его синтезе.

В третьей главе диссертации автором представлено описание процесса синтеза нанокompозита FeCo/C и подробное описание результатов исследования композита различными методиками в зависимости от параметров процесса синтеза и исходного материала. Выявлен ряд закономерностей, которые позволили разработать основы технологии синтеза металл-углеродного нанокompозита и выбрать исходный материал прекурсора, позволяющий обеспечить контролируемость процесса и воспроизводимость результатов.

Для достижения заявленной цели диссертации по разработке технологии получения радиопоглощающего материала Попковой А.В. был проведен ряд исследований свойств композита в зависимости от параметров процесса синтеза проводившегося в соответствии с разработанной ранее технологией. Описание и результаты данных исследований приведены в четвертой главе.

Таким образом, можно отметить, что успешному достижению заявленной цели работы способствовали грамотно поставленные задачи и последовательность в методологии исследования.

Существенным отличием диссертации является то, что автором разработаны основы технологии синтеза нанокompозита FeCo/C при помощи метода ИК нагрева, которая отличается простотой аппаратного

обеспечения и позволяет с высокой точностью контролировать условия синтеза.

Результаты исследования имеют яркую практическую направленность, подтверждаемую актом использования, при этом стоит отметить достаточно высокую эффективность разработанного нанокompозита для поглощения ЭМИ в востребованном в настоящее время диапазоне частот (20 – 40 ГГц). Наибольшая эффективность поглощения ЭМИ наблюдалась для частоты 34,7 ГГц и составила 99,5%.

Отдельно хочется отметить эффект, наблюдаемый при использовании радиопоглощающей вставки на основе разработанного нанокompозита, который обеспечил пропускание прямой волны излучения с меньшим коэффициентом поглощения, чем для обратной волны.

Научная новизна работы А.В. Попковой заключается в следующем:

- разработан и обоснован способ синтеза наночастиц FeCo при помощи метода ИК нагрева полиакрилонитрила;
- изучены особенности механизма синтеза нанокompозитов FeCo/C в зависимости от температуры ИК-нагрева, типа соединения железа, концентрации Fe и Co и их соотношения;
- установлены зависимости свойств нанокompозитов FeCo/C от условий их синтеза;
- впервые исследовано поглощение ЭМИ нанокompозитами FeCo/C, в том числе в зависимости от условий их синтеза.

Вместе с тем считаю необходимым отметить некоторые недостатки работы:

1. При обосновании выбора FeCo в качестве базового материала для исследуемого композита утверждается, что он обладает наибольшим значением намагниченности насыщения и высокой температурой Кюри. При этом не указывается источник данной информации, а также не приводятся численные данные и их сравнение с другими материалами, которые могут иметь близкие по значению параметры. Также не раскрывается, почему

именно эти параметры являются критичными при выборе материала для реализации приборного применения – поглощения электромагнитного излучения, который заявлен в актуальности работы.

2. Данная диссертация является продолжением в ряду работ научного коллектива МИСИС, посвященных получению металл-углеродных композитов, в частности по получению композита с наночастицами пермаллоя, диссертация по технологии синтеза которого была успешно защищена несколько лет назад. Однако, к сожалению, в диссертации не приводятся сравнительных данных по параметрам полученных композитов – какой из них более эффективно поглощает ЭМ излучение, какой является более экономичным в производстве и т.д..

3. На странице 195 при анализе результатов исследования приводится утверждение, что с ростом температуры происходит структурирование аморфного углерода в матрице ПАН, что приводит к снижению проводимости. Данное утверждение является весьма спорным, при том, что уже на стр. 196 приводится противоречащее ему утверждение, которое гласит, что с увеличением % содержания металла в композите увеличивается содержание структурированного углерода (графеновых структур), что приводит к увеличению электропроводности.

4. На стр. 196 приводится некорректное утверждение, что глубина скин-слоя для металлов соответствует 100 нм. Данное утверждение не учитывает длину волны излучения и параметры материала, например величину относительной магнитной проницаемости, которая может отличаться на несколько порядков для различных металлов.

5. При исследовании влияния параметров синтеза композита на коэффициент поглощения и отражения ЭМИ приводятся данные только по трем вариантам синтеза композита. При этом корректному сравнению поддаются только два случая, в которых изменяемым параметром являлся исходный материал – фероцен или ацетилацетонат железа, при зафиксированных температуре и % содержанию металла в растворе. Третий

же вариант отличается сразу и по температуре и по % содержанию металла. В связи с чем при анализе результатов сложно сделать вывод о том, какой из параметров больше влияет на коэффициент поглощения ЭМИ – температура синтеза, либо % содержание металла.

В целом, выявленные недостатки и замечания не влияют на общий высокий уровень представленной работы. Содержание диссертации и автореферата соответствует требованиям Положения ВАК. Автореферат соответствует материалам, представленным в диссертационной работе. Основные положения диссертационной работы опубликованы в печати и доложены на научных конференциях.

Хочу отметить также хорошее оформление работы и большой объем использованных литературных источников. Результаты проведенных автором теоретических расчетов и моделирования, их согласие с экспериментом, большой объем проведенных исследований, а также демонстрация применения разработанного метода и свойств синтезируемого материала для создания радиопоглощающих материалов позволяют оценить результаты работы как новые и достоверные.

Считаю, что рецензируемая работа соответствует квалификационным требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники» (05.27.06) а ее автор – Полякова Алена Васильевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент:

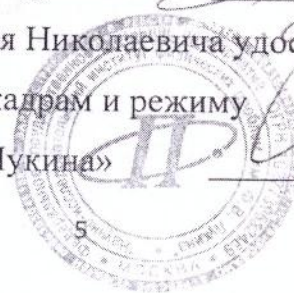
Петрухин Георгий Николаевич, к.т.н, начальник отдела №85 («Нанoeлектроники») ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина», тел. раб. 8 (499) 731-98-43, e-mail: gpetruhin@mail.ru /Петрухин Г.Н.

Подпись Петрухина Георгия Николаевича удостоверяю

Заместитель директора по кадрам и режиму

ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина»

/Дождёв В.А.



Сведения об официальном оппоненте

ФИО	Петрухин Георгий Николаевич
Ученая степень	кандидат технических наук
Наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым защищена диссертация	05.27.01 - «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах»
Полное и сокращенное наименование организации	Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт физических проблем им. Ф.В. Лукина» (ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина»)
Должность	Начальник отдела №85 («Нанoeлектроники»)
Список основных публикаций в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peculiarities of graphene layer formation from amorphous carbon and silicon-carbon films. Il'ichev É. A., Kirilenko E. P., Petrukhin G. N., Rychkov G. S., Sakharov O. A., Khamdokhov E. Z., Chernyavskaya E. S., Shupegin M. L., Shchekin Aleksey A. // TECHNICAL PHYSICS LETTERS, 2014, № 1, V. 40, pp. 52-54 2. The use of graphene in vacuum micro- and nanoelectronics. Il'ichev É. A., Kuleshov A. E., Nabiev R. M., Petrukhin G. N., Rychkov G. S., Sakharov O. A., Chernyavskaya E. S. // TECHNICAL PHYSICS LETTERS, 2013, № 9, V. 39, pp. 808-810 3. Solid-state field-emission diode. Bepalov V. A., Il'ichev É. A., Kuleshov A. E., Migunov D. M., Nabiev R. M., Petrukhin G. N., Rychkov G. S., Shcherbakhin Yu.V. V. // TECHNICAL PHYSICS LETTERS, 2013, № 2, V. 39, pp. 206-208 4. Electron flux amplifier on diamond-coated silicon grating. Belousov M. E., Il'ichev É. A., Kuleshov A. E., Matveeva N. K., Minakov P. V., Petrukhin G. N., Nabiev R. M., Rychkov G. S. // TECHNICAL PHYSICS LETTERS, 2012, № 3, V. 38, pp. 276-278 5. Mask for micropattern formation on diamond films. Belousov M. E., Il'ichev É. A., Kuleshov A. E., Matveeva N. K., Minakov P. V., Petrukhin G. N., Nabiev R. M., Rychkov G. S. // TECHNICAL PHYSICS LETTERS, 2012, № 3, V. 38, pp. 225-227 6. Catalytic growth of nanostructures from carbonaceous substrates: Properties and model notions. Il'ichev É. A., Inkin V. N., Migunov D. M., Petrukhin G. N., Poltoratskii É. A., Rychkov G. S., Shkodin D. V. // TECHNICAL PHYSICS LETTERS, 2010, № 2, V. 36, pp. 170-172 7. Carbon nanostructures' catalytic growth from carbonaceous substrates in comparison with PECCVD method. Alekseeva Ye. Yu., Il'ichev É. A., Inkin V. N., Migunov D. M., Petruhin G. N., Poltoratskii É. A., Rychkov G. S., Shkodin D. V. // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2010, № 1, V. 7521 8. Field-Emission Diodes Based on Semiconductor-Polycrystalline Diamond Heterojunctions V.A. Bepalov, E.A. Il'ichev, A.E. Kuleshov, D.M. Migunov, R.M. Nabiev, G.N.

	<p>Petrukhin, G.S. Rychkov, O.A. Sakharov, Yu.V. Shcherbahin, // Technical Physics, 2014, Vol. 59, No. 10, pp. 1531–1535.</p> <p>9. Method for the formation of graphene films. E. A. Il'ichev, E. P. Kirilenko, G. N. Petrukhin, G. S. Rychkov, O. A. Sakharov, Z. M. Khamdokhov, E. Z. Khamdokhov, E. S. Chernyavskaya, M. L. Shupegin, Shchekin Aleksey A. // Technical Physics, July 2014, Volume 59, Issue 7, pp 1007-1011</p> <p>10. Design and investigation of UV image detectors. V.A. Bespalov, V.M. Glazov, E.A. Il'ichev, S.V. Kuklev, A.E. Kuleshov, R.M. Nabiev, G.N. Petrukhin, G.S. Rychkov, D.S. Sokolov, S.S. Yakushov // Technical Physics, April 2015, Volume 60, Issue 4, pp 553-560</p>
Почтовый адрес	124482, г. Москва, Зеленоград, корп. 338А, 22
Телефон	8 (499) 731-98-43
Адрес электронной почты	gpetruhin@mail.ru

Официальный оппонент

кандидат технических наук,
начальник отдела №85

ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина»



Петрухин Георгий Николаевич

Подпись Петрухина Георгия Николаевича удостоверяю

Заместитель директора

по кадрам и режиму

ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина»



Дождёв Владимир Александрович