

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Воробьевой Екатерины Андреевны на тему: «Анизотропия тепловых и электрофизических свойств углеродных нанотрубок и полимерных композитов с их включением» по специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика»

Разработка новых полимер-наноуглеродных композитов с заданными функциональными свойствами является актуальной темой, особенно для материалов космической промышленности. Большой перепад температур в условиях космического пространства требует улучшенной теплопроводности материалов при сохранении механических и других характеристик материала. Добиться этого можно только благодаря композитам с нанопополнителями и сложной структуре материалов, в том числе с выраженными анизотропными свойствами. Выбранная тема исследования весьма актуальна и для разработки термоустойчивых межфазных материалов в сверхъярких диодах, теплоотводов на процессорах, транзисторах большой мощности и других приборах и устройствах.

Положения, выносимые в диссертации на защиту представляются достаточно обоснованными. Структура нанокластеров Fe и синтезированных углеродных нанотрубок подробно рассмотрена в главе 3 «Структура синтезируемых многостенных углеродных нанотрубок», полученные выводы и научные положения по электропроводности и теплопроводности рассмотрены как в литературном обзоре, так и в главе 4 «Электропроводность УНТ и композитов с их включением» и в главе 5 «Теплопроводность углеродных нанотрубок и композитов с их включением». В главе 3 также подробно рассмотрены различные синтезируемые углеродные нанотрубки, полученные автором при различных условиях

синтеза. Впервые получены структуры микротрубок из ориентированных углеродных нанотрубок, которые могут иметь большую перспективу использования в качестве «наноконтейнера». Соискатель прошел большой путь от создания и исследования углеродных нанотрубок и катализатора процесса синтеза до применения в массивном композите полученных нанообъектов. Видна перспектива в функционализации ионным пучком углеродных нанотрубок для улучшения функциональных свойств материала, соискателем получен патент на данную тематику. Дальнейшие разработки темы позволят создавать композитные материалы с заранее определенными характеристиками, что является актуальным как для космического материаловедения, так и для электроники. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, можно считать достаточной.

Достоверность научных результатов обеспечивается не противоречием с другими литературными данными и воспроизведением реальных экспериментов в апробированной среде Comsol Multiphysics.

По результатам опубликованных работ соискателем сформулирован ряд научных положений, составляющих новизну диссертационной работы. Соискателем достаточно полно изучен процесс синтеза углеродных наноструктур, впервые получены структуры микротрубок из углеродных нанотрубок. Несомненной научной новизной являются результаты по изучению фаз частиц катализатора, инкапсулированных в нанотрубки. Впервые увеличена электропроводность полимерных композитов с горизонтально ориентированными УНТ.

По диссертации имеются следующие замечания и вопросы.

1. Анизотропию тепловых и электрофизических свойств полимерных нанокомпозитов желательно было показать в явном виде, как, например, в данных электропроводности углеродных композитов, измеренных вдоль и поперек выделенных направлений армирования. В данной работе надо сравнивать, по-видимому, тепло- и электропроводность тонких образцов

композитов с вертикально и горизонтально ориентированными углеродными нанотрубками.

2. Не совсем корректным представляется вывод о том, что увеличение на 10 – 12 порядков электропроводности переводит «материал из разряда диэлектриков в разряд проводников». Измеренная в работе проводимость композита $0,85 \cdot 1 / (\text{Ом} \cdot \text{см})$ в тысячу раз меньше проводимости графита, который, в полной мере, не относят к проводникам.
3. Замечание по методике измерения проводимости. Чтобы избежать влияния контактного сопротивления при измерении проводимости следовало бы использовать четырехзондовый метод.
4. Неясна ориентация углеродных трубок в выводе 5 «Теплопроводность эпоксидной смолы с ориентированными УНТ (16,7 % по объему) в 18,5 раз превышает теплопроводность исходной эпоксидной смолы.»
5. В тексте встречаются английские выражения. Например, на поле рисунка 2.9, в подписях к рисунку 1.6 и рисунку 5.2.
6. Список литературы не выдержан в едином стиле, есть повтор публикации [75] и [84].
7. В автореферате следовало бы большее место уделить содержанию работы. В частности, при его чтении невозможно понять суть рис.3.

Отмеченные замечания не снижают значимость диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика» (по физико-математическим наукам), критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Считаю, что соискатель Воробьева Екатерина Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры «Технологии производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов»
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Борисов Анатолий Михайлович

 06.10.2020

Контактные данные:

тел.: _____, e-mail: _____

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.04.08 – Физика плазмы

01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

*Анатолий Борисов АМ
заведующий каф. ИС
Технологии производства
приборов и информационных систем
управления летательных аппаратов*



Адрес места работы:

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Технологии производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов»

Тел.: _____; e-mail: _____