



Федеральное государственное унитарное предприятие
«Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С. А. Чаплыгина»
(ФГУП «СибНИА им. С. А. Чаплыгина»)

Ползунова ул., д. 21, г. Новосибирск, 630051
Тел. (383) 279-01-56
Факс (383) 278-70-02
E-mail: sibnia@sibnia.ru, http://www.sibnia.ru

ОКПО 07541511, ОГРН 1025400530836, ИНН/КПП 5401101598/540101001
р/с 40502810944080100010 в Сибирском банке СБ РФ г. Новосибирск
к/с 30101810500000000641
БИК 045004641

№ _____

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГУП «СибНИА

им. С. А. Чаплыгина»,

кандидат технических наук

Владимир Евгеньевич Барсук

07 июня 2019 года

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Кузнецова Виталия Анатольевича
«Электронные транспортные и тензорезистивные свойства композитов с
углеродными наноструктурированными материалами и халькогенидов
переходных металлов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Кузнецова В.А. являет собой синтез нескольких
актуальных исследований. Само по себе развитие прикладной тензометрии
происходит не только на базе металлических или полупроводниковых
тензорезисторов, но имеется явная тенденция по изучению тензорезистивных
свойств композиционных материалов на основе полимерных матриц с
наноструктурированными наполнителями. Спектр полимерных материалов и

наполнителей может быть достаточно широк, однако использование полимеров способных выдерживать высокие температуры до 300°C очень важно для создания высокотемпературных композиционных тензорезисторов. Выбор Кузнецовым В.А. углеродных наноматериалов и халькогенидов переходных металлов в качестве наноструктурированных составляющих композитов не случаен, поскольку такие композиты, в том числе термостойкие, являются недостаточно изученными для практических применений, хоть и имеют существенный прикладной потенциал. Что касается халькогенидов переходных металлов, то эти материалы практически не исследованы с точки зрения тензометрии, в частности в виде композитов или объемных образцов. Тензорезистивные свойства новых материалов не могут быть поняты без физической модели, объясняющей закономерности протекания тока, поэтому в диссертации Кузнецова В.А. решается и эта актуальная задача. В связи с вышеизложенным тема и результаты диссертационной работы Кузнецова В.А. являются, несомненно, актуальными.

Актуальность и оригинальность диссертационного исследования позволили автору сформулировать *научную новизну работы*, которая сводится к следующим пунктам:

1. Впервые для композитов на основе диэлектрической матрицы полибензимидазола с наполнителями в виде графитовых наночастиц было показано, что электронный транспорт в достаточно широком диапазоне концентраций частиц наполнителя (удельное сопротивление изменяется больше чем на четыре порядка), имеет один и тот же механизм – туннелирование между частицами наполнителя через диэлектрические полимерные прослойки.

2. Впервые был всесторонне исследован тензорезистивный эффект в композитах на основе полибензимидазола, а сопоставление полученных результатов с электронными транспортными свойствами позволило установить природу тензорезистивного эффекта, которая заключается в изменении электросопротивления туннельных контактов между частицами наполнителя.

3. Использованный метод получения неупорядоченного массива одностенных углеродных нанотрубок, расположенного в приповерхностном слое подложки полиэтилентерефталата, позволил впервые продемонстрировать отрицательную тензочувствительность подобных пленок.

Теоретические и практические результаты имеют существенную значимость для развития технических наук в области тензометрии и создании электропроводящих полимерных композитов в виде диэлектрических матриц с электропроводящими наполнителями. Наиболее значимые результаты могут быть сформулированы следующим образом. Исследованные электронные транспортные свойства композитов на основе матрицы высокотемпературного полибензимидазола и полиэтилентерефталата с наноструктурированными углеродными наполнителями позволили установить требования для создания электропроводящих композиционных элементов для измерения механических величин. Электронные транспортные свойства поликристаллических образцов представителя халькогенидов переходных металлов $\text{Mo}_{0,95}\text{Re}_{0,05}\text{S}_2$ позволили определить параметры и механизмы электронного транспорта для понимания зависимости электропроводящих свойств от физических и технических принципов создания таких материалов. Экспериментально установленная независимость коэффициента тензочувствительности композитов на основе полибензимидазола от концентрации в ней графитовых наночастиц будет иметь значение при создании тензорезисторов и их сопряжении с измерительной аппаратурой. Значимость результатов, полученных в диссертации, подтверждается Актами об их использовании в ФГУП «СНИИМ» и ООО «Карбон Тех».

В качестве рекомендаций по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации, можно перечислить следующее. Наиболее перспективными для использования на практике эксплуатационными характеристиками, как показывают результаты и выводы диссертации, обладают композиты на основе матрицы полибензимидазола. Относительная простота получения таких композиционных тензорезисторов наряду с хорошими

метрологическими характеристиками позволит создавать измерительную базу, сочетающую экономическую целесообразность и хорошее качество измерений. Для этих композитов характерны: коэффициент тензочувствительности композитов с малослойным графеном и графитовыми нанопластинами равен соответственно 15 и 13 в исследованном диапазоне концентраций – от 0,25 до 2,00% (масс.) и от 17 до 45% (масс.) соответственно; неизменность коэффициента тензочувствительности до 100 000 циклов нагрузки при деформации $\pm 0,14\%$; относительно малые величины механического гистерезиса; слабая температурная зависимость электросопротивления; достаточно большое сопротивление ползучести. В качестве рекомендации автор указывает на необходимость нанесения защитных покрытий или использования мостовых схем для компенсации зависимости электросопротивления данных композитов от влажности воздуха. Результаты и выводы диссертации могут быть использованы при разработке новых композиционных материалов для электроники, а также при анализе их электропроводящих свойств и механизмов электропроводности.

Научная новизна полученных результатов, их практическая и теоретическая значимость, а также рекомендации, сформулированные автором, обоснованы и не вызывают сомнений. Название диссертации, а также цель и задачи соответствуют полученным результатам. Достоверность результатов обеспечена их воспроизводимостью и систематизированным подходом к исследованию с помощью зарекомендовавших себя методов. Научные результаты, представленные в диссертации, докладывались на научных и научно-технических отечественных и зарубежных конференциях. По теме диссертации автором в научных изданиях было опубликовано 12 работ, 3 из которых в журналах из списка ВАК. Содержание диссертации в целом и научные положения, выносимые на защиту, достаточно полно отражены в опубликованных работах. Оформление диссертации и используемый при написании научный стиль свидетельствует о достаточно высокой квалификации автора.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе, к сожалению, отсутствуют данные о температурной зависимости тензочувствительности исследованных образцов. Имеются ли у автора предположения или доказательства того, что тензорезисторы на основе высокотемпературного полибензимидазола будут работоспособны при высоких температурах?

2. Автор рассматривает исследованные композиционные тензорезисторы перспективными для гибкой электроники. Хотелось бы иметь данные о тензочувствительности при больших деформациях.

Представленные замечания несколько не снижают общего положительного мнения о работе и носят характер рекомендаций для будущих исследований.

Общее заключение по диссертационной работе

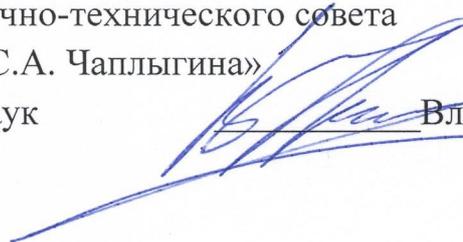
Диссертационная работа содержит решение важной научно-практической задачи по разработке физических и технических основ создания новых композиционных сенсорных элементов на основе наноструктурированных материалов. Диссертация по своему содержанию соответствует специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах» (по техническим наукам – пункты 3 и 5 паспорта специальности) и пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа «Электронные транспортные и тензорезистивные свойства композитов с углеродными наноструктурированными материалами и халькогенидов переходных металлов» является завершенным самостоятельным научным квалификационным исследованием, а ее автор Кузнецов Виталий Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Настоящий отзыв утвержден на основании заключения заседания Научно-технического совета ФГУП «СибНИА им. С. А. Чаплыгина» от 07 июня 2019 г., протокол № 4.

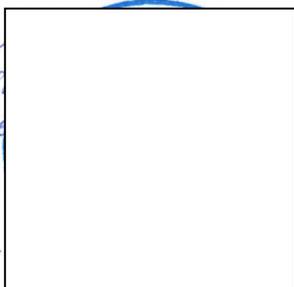
Председатель Научно-технического совета
ФГУП «СибНИА им. С.А. Чаплыгина»
доктор технических наук
профессор

 Алексей Николаевич Серьезнов

Учёный секретарь Научно-технического совета
ФГУП «СибНИА им. С.А. Чаплыгина»
доктор технических наук

 Владимир Николаевич Николаев

Подпись
и В.Н.Н.
участков
ведущий
отдела
Л.П. Баи



ва
серьез

Поступил в совет 07.06.2019 

Ознакомлен 07.06.2019 