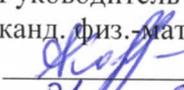


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)  
Радиофизический факультет  
Кафедра радиоэлектроники

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК  
Руководитель ООП  
канд. физ.-мат. наук, доцент  
 А.Г. Коротаев  
« 21 » 06 2021 г.

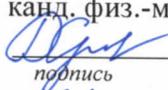
### НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

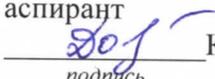
об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы  
(диссертации)

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ОТКЛИК И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕГКИХ И СВЕРХЛЕГКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в  
аспирантуре  
направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Дорожкин Кирилл Валерьевич

Научный руководитель  
канд. физ.-мат. наук, доцент  
 В.И. Суслияев  
подпись  
« 21 » 06 2021 г.

Автор работы  
аспирант  
 К.В. Дорожкин  
подпись

Томск-2021

## **Введение**

Материалы, способные снизить отражение от защищаемого объекта или уменьшить падающую мощность электромагнитной энергии, востребованы в различных отраслях науки и промышленного производства: радиоэлектронике, экологии, медицине, в системах борьбы с терроризмом и обеспечения безопасности, электромагнитной совместимости, военных приложениях. Эта потребность постоянно возрастает в связи с расширением сферы использования радиоэлектронной аппаратуры не только для решения научных и производственных задач, но и обеспечения требуемого уровня комфортности в быту. Наряду с признанным положительным эффектом широкого применения радиоэлектроники, возникает ряд негативных проблем. В первую очередь это связано с загрязнением окружающего пространства, что способствует развитию различных заболеваний. Применяемые для экранирования металлические конструкции из стали, меди, алюминия и др. в настоящее время находят ограниченное применение в связи с миниатюризацией, когда размеры и вес всех элементов имеют первоочередное значение. Один из путей снижения веса – изготовление композиционных материалов из проводящих полимеров, либо использовать диэлектрические полимерные матрицы, которые заполняются проводящими частицами. Экранирующие свойства композитов управляются изменением концентрации активной фазы. Если заполнение будет способствовать электропроводимости выше порога перколяции, то экран будет отражать электромагнитную энергию, то есть быть аналогом металлического экрана, но с меньшим весом. При более низких концентрациях проводящих частиц электропроводимость станет ниже порога протекания, и экран будет поглощать электромагнитную энергию. При выборе соответствующей конструкции экрана можно добиться, чтобы излучение не отражалось и не проникало внутрь защищаемого пространства.

## **Актуальность темы исследования**

Несмотря на то, что задачи экранирования решаются уже достаточно давно, эта работа не прекращается и в настоящее время. Это связано с возрастающими требованиями к качеству экранирования и с появлением новых задач, связанных, например, с миниатюризацией радиоэлектронной аппаратуры, когда наряду с эффективностью экранирования добавляются требования по снижению веса и размеров экранирующих устройств. Актуальной является и задача построения высокочастотных малогабаритных безэховых камер с большим рабочим пространством, где также требуются легкие и тонкие экранирующие устройства, которые еще не токсичны и пожаробезопасны.

Терагерцовый диапазон – наименее изученная частотная область. Успешное освоение этого диапазона невозможно без создания новых материалов, которые проявляют активное взаимодействие с волнами терагерцового диапазона. Исследованию таких структур и посвящена диссертационная работа.

## **Степень разработанности темы исследования**

В современной научной литературе активно обсуждаются вопросы экранирования электромагнитного излучения. При этом преследуются различные цели: решение задач электромагнитной совместимости, защиты биологических объектов, снижение радиозаметности. Для решения этих задач используются композиционные материалы с различными наполнителями: частицами железа, графены, однослойные и многослойные

нанотрубки. Усиленное внимание уделяется созданию легких экранирующих материалов. Их получают стеклокерамической технологией, вспениванием углеродных наноматериалов, построением конструкций со сложным дизайном. В настоящее время развиты технологии получения сверхлегких материалов – аэрогелей, которые также могут быть применены в качестве экранирующих устройств. Однако, электромагнитные характеристики таких материалов в терагерцовой области частот недостаточно изучены.

### **Цели и задачи, объект и предмет исследования**

**Цель диссертационного исследования** заключается в изучении процессов взаимодействия электромагнитного излучения с однослойными и многослойными экранирующими конструкциями из легких и сверхлегких композиционных материалов в терагерцовом диапазоне.

**Задачи**, которые необходимо решить для достижения цели:

1. Постановка задачи на исследования на основе анализа литературных источников.
2. Освоение методик измерения электромагнитного отклика в терагерцовом диапазоне методом непрерывной и импульсной спектроскопии.
3. Измерение спектров электромагнитных характеристик легких и сверхлегких композиционных материалов различных составов, структур, степени наполнения активной фазой в терагерцовом диапазоне частот.
4. Расчет значений комплексной диэлектрической и магнитной проницаемостей, проводимости, тангенса угла диэлектрических потерь для исследуемых материалов.
5. Оценка достоверности получаемых результатов.
6. Обработка и анализ результатов измерений и расчетов.
7. Выявление функциональных зависимостей между полученными значениями электромагнитных характеристик и составом композиционных материалов.
8. Моделирование многослойной структуры на основе легких материалов для цели создания эффективного поглотителя волн терагерцового диапазона с уменьшенными массогабаритными параметрами.
9. Подготовка статей к печати в рецензируемых журналах.
10. Подготовка докладов и выступление на конференциях по тематике проводимого диссертационного исследования.

### **Объект исследования:**

Процесс взаимодействия электромагнитного излучения с однослойными и многослойными экранирующими конструкциями из легких и сверхлегких композиционных материалов в терагерцовом диапазоне.

### **Предмет исследования:**

Спектры электромагнитных характеристик легких и сверхлегких композиционных материалов и конструкций на их основе, зависимости от частоты электромагнитного излучения, концентрации включений и дизайна экранирующих устройств.

### **Научная новизна**

Научной новизной обладают функциональные зависимости электромагнитных параметров и электромагнитного отклика в терагерцовом диапазоне частот от концентрации,

комбинации состава, статических электромагнитных характеристик, способа приготовления композита и внешних воздействий.

В результате выполненного исследования получены новые технические решения, авторство на которые защищено двумя патентами на изобретение и одним патентом на полезную модель.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Получены новые знания о процессах взаимодействия электромагнитного излучения с пористыми веществами, которые можно использовать для проектирования экранирующих устройств терагерцового излучения.

Практическая значимость работы заключается в создании новых экранирующих устройств, защищенных патентами, и разработкой новой измерительной аппаратуры.

### **Методология и методы исследования**

Экспериментальные исследования электромагнитного отклика проводились методом свободного пространства на спектрометре терагерцового диапазона СТД-21; а также использовался импульсный спектрометр T-Spec 1000 в диапазоне частот от 100 до 3500 ГГц. Для расчета значений комплектной диэлектрической проницаемости использовалось плосковолновое приближение при нормальном падении излучения на образец.

Решение прямой задачи электродинамики при моделировании электромагнитного отклика осуществлялось в среде MathCad.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность получаемых данных базируется на сравнении результатов расчетов комплексной диэлектрической проницаемости, полученной из измеренных значений электромагнитного отклика с паспортными характеристиками образцов, аттестованных в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии в качестве стандартных образцов предприятия. О достоверности также свидетельствует качественная и количественная сходимость результатов измерений, независимо полученных на установках, работающих в перекрывающихся частотных областях.

Результаты работы апробированы на 19 Международных и Всероссийских научных конференциях:

### **Основные результаты исследования**

- Частотные зависимости электромагнитного отклика углеродных аэрогелей в диапазоне частот от 115 до 2000 ГГц.
- Частотные зависимости электромагнитного отклика пенокристаллических материалов без добавок и с добавками углеродных нанотрубок и арсенида галлия в диапазоне частот 115 – 258 ГГц.
- Частотные зависимости электромагнитного отклика композиционных материалов на основе многослойных углеродных нанотрубок различной длины и с различной степенью наполнения.
- Частотные зависимости электромагнитного отклика композиционных материалов на основе металлических наночастиц в диапазоне частот 34-258 ГГц.

- Частотные зависимости электромагнитного отклика трехслойной конструкции поглотителя.
- Спектры комплексной диэлектрической проницаемости композитов на основе:
  - а) углеродных многослойных нанотрубок;
  - б) пенокристаллического материала;
  - в) пенокристаллического материала с добавлением углеродных нанотрубок и арсенида галлия.
- Рассчитанные значения электромагнитного отклика от слоев композитов с различным включением частиц активных фаз и толщин слоев, полученные в результате математического моделирования.
- Рассчитанные значения электромагнитного отклика, полученные в результате математического моделирования, от трехслойных композитов с различным расположением слоев и различных толщин слоев.

### **Список работ, опубликованных автором диссертации**

За период обучения в аспирантуре было опубликовано 55 научных трудов, 7 из которых вышли в рецензируемых периодических журналах из списка ВАК (Известия вузов. Физика; Физическое образование в ВУЗах; Доклады академии наук высшей школы Российской Федерации), 26 из списка Scopus, 2 из списка Web of Science, в том числе в журналах первого квартиля – 3 (Materials Research Express; Nanotechnology; Optical Engineering), в журналах второго квартиля – 4 (Physica Status Solidi B; Sensor Review).

Всего по теме диссертации имеется 34 публикации, 6 из которых вышли в рецензируемых периодических журналах из списка ВАК, 7 в журналах, индексируемых Web of Science или Scopus, 12 в материалах конференций, индексируемых Web of Science или Scopus и 9 в других научных изданиях. По результатам работы получены 2 патента на изобретение и 1 патент на полезную модель.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Сусяев В.И. Исследование электромагнитных характеристик плоских образцов стеклокристаллического пеноматериала квазиоптическим методом / В.И. Сусяев, О.В. Казьмина, Б.С. Семухин, Ю.П. Землянухин, **К.В. Дорожкин** // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2/1. – С. 159–162.

2. Сусяев В.И. Исследование электромагнитного отклика полимерных композитных материалов, содержащих углеродные наноструктуры в диапазоне частот 10 МГц – 1,1 ТГц / В.И. Сусяев, В.Л. Кузнецов, В.А. Журавлев, И.Н. Мазов, Е.Ю. Коровин, С.И. Мосеенков, **К.В. Дорожкин** // Известия вузов. Физика. – 2012. – Т. 55, № 8. – С. 103–108.

3. Сусяев В.И. Исследование электромагнитных характеристик стеклокристаллического пеноматериала / В.И. Сусяев, О.В. Казьмина, Б.С. Семухин, Ю.П. Землянухин, **К.В. Дорожкин** // Известия вузов. Физика. – 2012. – Т. 55, № 9/2. – С. 312–314.

4. Бадьин А.В. Исследование температурных зависимостей электромагнитных характеристик материалов в терагерцовом диапазоне частот / А.В. Бадьин, В.Ю. Выговский, А.И. Бердюгин, **К.В. Дорожкин** // Известия вузов. Физика. – 2017. – Т. 60, № 12/2. – С. 62–64.

5. Стебенева В.И. Изучение радиопоглощающих свойств арсенида галлия / В.И. Стебенева, О.В. Казьмина, **К.В. Дорожкин** // Физическое образование в ВУЗах. – 2018. – Т. 24, № 1С. – С. 205–206.

6. Казьмина О.В. Влияние покрытия пеностекла на способность поглощать электромагнитное излучение в высокочастотном диапазоне / О.В. Казьмина, В.И. Суслев, **К.В. Дорожкин**, **М.Р. Каймонов**, В.И. Стебенева // Стекло и керамика. – 2018. – № 6. – С. 24–28.

*в переводной версии журнала:*

Kaz'mina O.V. Effect of a coating deposited on foam glass on the ability to absorb high-frequency electromagnetic radiation / O.V. Kaz'mina, V.I. Suslyev, **K.V. Dorozhkin**, M.R. Kaimonov, V.I. Stebeneva // Glass and Ceramics. – 2018. – Vol. 75, is. 5 – 6. – P. 230–233.

Публикации в журналах, индексируемых Web of Science или Scopus:

1. Kazakova M.A. Comparative study of multiwalled carbon nanotube/polyethylene composites produced via different techniques / M.A. Kazakova, V.L. Kuznetsov, N.V. Semikolenova, S.I. Moseenkov, D.V. Krasnikov, M.A. Matsko, A.V. Ishchenko, V.A. Zakharov, A.I. Romanenko, O.B. Anikeeva, E.N. Tkachev, V.I. Suslyev, V.A. Zhuravlev, **K.V. Dorozhkin** // Physica Status Solidi B. – 2014. – Vol. 251, is. 12. – P. 2437–2443.

2. Kachusova A. Influence of ultrasonic treatment on electromagnetic characteristics of composites based on multiwall carbon nanotubes at wide range of frequencies (100 Hz – 258 GHz) / A. Kachusova, O. Dotsenko, **K. Dorozhkin** // Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2016. – Vol. 8, is. 3. – P. 03043 (1–3).

3. **Dorozhkin K.V.** Terahertz dielectric properties of multiwalled carbon nanotube/polyethylene composites / K.V. Dorozhkin, G.E. Dunaevsky, S.Yu. Sarkisov, V.I. Suslyev, O.P. Tolbanov, V.A. Zhuravlev, Yu.S. Sarkisov, V.L. Kuznetsov, S.I. Moseenkov, N.V. Semikolenova, V.A. Zakharov, V.V. Atuchin // Materials Research Express. – 2017. – Vol. 4, is. 10. – P. 106201 (1–7).

4. Kanygin M.A. Electromagnetic properties of reduced graphene oxide buckypapers obtained by different reduction procedures / M.A. Kanygin, S.G. Stolyarova, **K.V. Dorozhkin**, E.Y. Korovin, V.I. Suslyev, L.G. Bulusheva A.V. Okotrub // Physica Status Solidi B. – 2018. – Vol. 255, is. 1. – P. 1700271 (1–5).

5. Moseenkov S.I. Influence of carbon nanotube spatial distribution on electromagnetic properties of nanotube–polymer composites / S.I. Moseenkov, D.V. Krasnikov, V.I. Suslyev, E.Yu. Korovin, **K.V. Dorozhkin**, V.L. Kuznetsov // Physica Status Solidi B. – 2018. – Vol. 255, is. 1. – P. 1700257 (1–8).

6. Sedelnikova O.V. Iron-filled multi-walled carbon nanotubes for terahertz applications: effects of interfacial polarization, screening and anisotropy / O.V. Sedelnikova, E.Yu. Korovin, **K.V. Dorozhkin**, M.A. Kanygin, V.E. Arkhipov, Yu.V. Shubin, V.A. Zhuravlev, V.I. Suslyev, L.G. Bulusheva, A.V. Okotrub // Nanotechnology. – 2018. – Vol. 29, is. 17. – P. 174003 (1–9).

7. Dorofeev I.O. Interaction of multiwalled carbon nanotube aerogels with quasi-optical terahertz beams / I.O. Dorofeev, V.I. Suslyev, S.I. Moseenkov, V.L. Kuznetsov, **K.V. Dorozhkin** // Physica Status Solidi B. – 2019. – Vol. 256, is. 12. – P. 1900251 (1–7).

Публикации в сборниках материалов конференций, индексируемы Web of Science или Scopus:

1. Kazmina O.V. The thermal insulation microwave absorber material / O.V. Kazmina, V.I. Suslyev, M.A. Dushkina, **K.V. Dorozhkin** // 24<sup>th</sup> Int. Crimean conference «Microwave & Telecommunication Technology» (CriMiCo'2014): conference proceedings. Sevastopol, Crimea, Russia, 7 – 13 September 2014. – NY USA: IEEE, 2014. – P. 649–650.

2. Kazmina O.V. Microwave absorption properties of foam glass material modified by adding ilmenite concentrate / O.V. Kazmina, V.I. Suslyev, M.A. Dushkina, V.A. Zhuravlev,

**K.V. Dorozhkin** // Progress in electromagnetics research symposium (PIERS): conference proceedings. Prague, Czech Republic, 6 – 9 July 2015. – Cambridge MA: Electromagnetics Academy, 2015. – P. 2684-2686.

3. Kazmina O. The foam-glass material for a radio frequency echoless chambers / O. Kazmina, V. Suslyayev, **K. Dorozhkin**, V. Kuznetsov, E. Lebedeva // IOP conference series: Materials science and engineering. – 2016. – Vol. 110, is. 1. – P. 012086 (1–5).

4. Suslyayev V. Electromagnetic response of the three-layer construction on the basis of barium hexaferrite and a foam glass / V. Suslyayev, O. Kazmina, G. Kuleshov, E. Korovin, **K. Dorozhkin**, E. Lebedeva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 168, is. 1. – P. 012099 (1–4).

5. **Dorozhkin K.V.** Selective EHF absorber based on BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> hexaferrite / K.V. Dorozhkin, G.E. Kuleshov, A.V. Badin, M.O. Gering, K.V. Simonova // ITM Web of Conferences. – 2019. – Vol. 30. – P. 07006 (1–4).

6. Suslyayev V. Electromagnetic characteristics of coatings based on graphene oxide- and multi-walled carbon nanotubes Taunit-M in a wide range of frequencies / V. Suslyayev, A. Tkachev, E. Korovin, R. Stolyarov, **K. Dorozhkin**, N. Chapaksov, T. Dyachkova, A. Blokhin, A. Korshunov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 693, is. 1. – P. 012044 (1–7).

7. **Dorozhkin K.** Method of manufacturing of composite for 3D printing and the electrophysical properties of the obtained material / K. Dorozhkin, A. Tkachev, G. Kuleshov, A. Badin, E. Galunin, T. Shematilo, V. Suslyayev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 693, is. 1. – P. 012006 (1–7).

8. **Dorozhkin K.V.** ABS and PLA sub-terahertz absorbers for 3D-printing technology / K.V. Dorozhkin, D.D. Teterina, A.V. Badin, V.D. Moskalenko // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1499, is. 1. – P. 012008 (1–5).

9. **Dorozhkin K.V.** Dielectric properties of 3D-printing ASA/MWCNTs composites at the Sub-THz frequency range / K.V. Dorozhkin, V.D. Moskalenko, A.V. Badin, M.O. Gering // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. – 2020. – Vol. 11582. – P. 115820F (1–6).

10. **Dorozhkin K.V.** Electromagnetic characteristics of light terahertz materials / K.V. Dorozhkin, V.I. Suslyayev, O.V. Kazmina, V.I. Semenova, V. Denisenko, K.E. Matyskin, A.V. Korshunov // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. – 2020. – Vol. 11582. – P. 1158219 (1–7).

11. Kazmina O.V. Glass composite modified with silicon carbide and gallium arsenide, that absorbs electromagnetic radiation / O.V. Kazmina, V.I. Semenova, **K.V. Dorozhkin** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1019, is. 1. – P. 012091 (1–6).

12. Dorofeev I.O. Scattering of quasi-optical THz beams on spherical MWCNTs aerogels / I.O. Dorofeev, A.V. Badin, **K.V. Dorozhkin**, G.E. Dunaevskii, V.I. Suslyayev, S.I. Moseenkov, V.L. Kuznetsov // 45<sup>th</sup> International Conference on Infrared Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz): conference proceedings. Buffalo; USA, 8 – 13 November 2020. – NY USA: IEEE, 2021. – P. 583–584.

Публикации в других научных изданиях:

1. Сусяев В.И. Исследование электромагнитного отклика от плоских образцов стеклокристаллического пеноматериала в диапазонах частот 26-40 ГГц и 170-230 ГГц / В.И. Сусяев, О.В. Казмина, Б.С. Семухин, Ю.П. Землянухин, **К.В. Дорожкин** // Измерение, контроль, информатизация: Материалы Тринадцатой международной научно-технической конференции. Т. 1 / Под ред. Л.И. Сучковой. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. – С. 188-193.

2. **Dorozhkin K.V.** Terahertz dielectric properties of MWCNT/PE composites / K.V. Dorozhkin, G.E. Dunaevsky, S.Yu. Sarkisov, V.I. Suslyayev, V.A. Zhuravlev,

V.L. Kuznetsov, S.I. Moseenkov, N.V. Semikolenova, V.A. Zakharov, V.V. Atuchin // Effect of external influences on the strength and plasticity of metals and alloys: book of the International seminar articles / Edition in Chief: Professor Sc. D., Starostenkov M.D. Barnaul-Belokurikha, 15 – 20 September 2015. – Barnaul: Research center «Control Systems» Ltd., 2015. – P. 179–180.

3. Казьмина О.В. Влияние углеродных нанотрубок на радиопоглощающие свойства пеностекла / О.В. Казьмина, В.И. Сусяев, **К.В. Дорожкин**, В.Л. Кузнецов // 25-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2015): материалы конф. Севастополь, 6 – 12 сентября 2015 г.: – Т. 1. – С. 627–628.

4. **Дорожкин К.В.** Рассеяние электромагнитных пучков терагерцового диапазона на образцах аэрогелей сферической и плоскопараллельной формы / К.В. Дорожкин, И.О. Дорофеев, Д.В. Красников, В.Л. Кузнецов, С.И. Мосеенков, М.А. Казакова, В.И. Сусяев // Второй Российско-Белорусский семинар «Углеродные наноструктуры и их электромагнитные свойства»: сборник тезисов докладов. Новосибирск, 24 – 26 апреля 2017. – Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения РАН, 2017. – С. 17.

5. Стебенева В.И. Радиопоглощающие свойства пеностекла с добавлением арсенида галлия / В.И. Стебенева, **К.В. Дорожкин** // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 24–27 апреля 2018 г.): в 7 т. Т. 2: Химия / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. – С. 309–311.

6. Каймонов М.Р. Пеностекольный материал с улучшенной радиопоглощающей способностью / М.Р. Каймонов, **К.В. Дорожкин** // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2018): сборник научных трудов VII Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов / под ред. А.Н. Яковлева; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С. 80–81.

7. Стебенева В.И. Радиозащитный композиционный материал с арсенидом галлия / В.И. Стебенева, **К.В. Дорожкин**, Ч. Сыбо, О.В. Казьмина // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2018): сборник научных трудов VII Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов / под ред. А.Н. Яковлева; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С. 92–93.

8. Дорофеев И.О. Взаимодействие аэрогелей на основе многослойных углеродных нанотрубок с квазиоптическими терагерцовыми пучками / И.О. Дорофеев, В.И. Сусяев, С.И. Мосеенков, В.Л. Кузнецов, **К.В. Дорожкин** // Углеродные наноструктуры и их электромагнитные свойства: Труды Четвертого Российско-Белорусского семинара. Томск, 21–24 апреля 2019 г. / под ред. О.А. Доценко. – Томск: Изд-во НТЛ, 2019. – С. 78–80.

9. **Дорожкин К.В.**, Ткачев А.Г., Кулешов Г.Е., Галунин Е.В., Шематило Т.Н., Сусяев В.И. Электрофизические параметры композита на основе АБС-пластика и наноматериала «Таунит» для 3d-печати в терагерцовом диапазоне // «ГРАФЕН И РОДСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ: СИНТЕЗ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ»: материалы III Международной научно-практической конференции: 13 - 15 ноября 2019. Под общей редакцией оргкомитета. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2019. – С. 115–117.

Введите текст:

...или загрузите файл:

Файл не выбран...

[Выбрать файл...](#)Укажите год публикации: 

Выберите коллекции

 Все Рефераты Авторефераты Иностранные конференции PubMed Википедия Российские конференции Иностранные журналы Российские журналы Энциклопедии Англоязычная википедия[Анализировать](#)[Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст \(http://text.rucont.ru/like\)](http://text.rucont.ru/like)

Обработан файл:

НД Дорожкин К.В. (7).docx.

Год публикации: 2021.

Оценка оригинальности документа - 100.0%

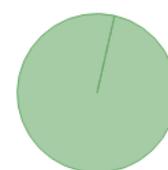
Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 0.0%

[Просмотр заимствований в документе](#)

Время выполнения: 9 с.

Заимствования отсутствуют

[Значимые оригинальные фрагменты](#)[Библиографические ссылки](#)[Искать в Интернете](#)

100.00%

[Дополнительно](#)