

Заключение диссертационного совета МГУ.013.3

по диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от «17» октября 2024 г. № 11

О присуждении Кострову Сергею Александровичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Создание низкомолекулярных магнитоактивных полимерных материалов и изучение их вязкоупругих свойств во внешних магнитных полях» по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения принята к защите диссертационным советом МГУ.013.3 20 июня 2024 г., протокол № 9.

Соискатель Костров Сергей Александрович 1996 года рождения, в 2020 году окончил физический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», в период подготовки диссертации обучался в аспирантуре того же ВУЗа.

Соискатель работает инженером 1-ой категории на кафедре физики полимеров и кристаллов физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Диссертация выполнена на кафедре физики полимеров и кристаллов физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный руководитель – Крамаренко Елена Юльевна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор РАН, профессор кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Официальные оппоненты:

Кузнецов Никита Михайлович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела нанобиоматериалов и структур Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий НИЦ "Курчатовский институт";

Патлажан Станислав Абрамович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории физики и механики полимеров Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук;

Ярославов Александр Анатольевич, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой высокомолекулярных соединений химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 41 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 6 статей, все опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения. Все статьи индексируются в базах данных Web of Science и Scopus.

Перечень основных публикаций:

1. Костров С.А. Низкомодульные эластомерные матрицы для магнитоактивных композитов с высоким откликом на магнитные поля / Костров С.А., Городов В.В., Соколов Б.О., Музафаров А.М., Крамаренко Е.Ю. // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 2020. – Т. 62. – №. 4. – С. 285-293. IF=1.15 (РИНЦ)

Kostrov S.A. Low-Modulus Elastomeric Matrices for Magnetoactive Composites with a High Magnetic Field Response / Kostrov S.A., Gorodov V.V., Sokolov B.O., Muzafarov A.M., Kramarenko E.Y. // Polymer Science, Series A. – 2020. – Vol. 62. – P. 383-391. SJR=0,22 (Scopus), 1,0 печ.л., вклад автора – 0,8.

2. Kostrov S.A. Regulating Tissue-Mimetic Mechanical Properties of Bottlebrush Elastomers by Magnetic Field / Kostrov S.A., Dashtimoghadam E., Keith A.N., Sheiko S.S., Kramarenko E.Y. // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2021. – Vol. 13. – №. 32. – P. 38783-38791. SJR=2,1 (Scopus), 1,0 печ.л., вклад автора – 0,5.

3. Костров С.А. Сравнительный анализ магнитореологического эффекта в мягких изотропных и анизотропных магнитоактивных эластомерах / Костров С.А., Городов В.В., Музафаров А.М., Крамаренко Е.Ю. // Высокомолекулярные соединения, Серия Б. – 2022. – Т. 64. – №. 6. – С. 471-480. IF=1.05 (РИНЦ)

Kostrov S.A. Comparative Analysis of Magnetorheological Effect in Soft Isotropic and Anisotropic Magnetoactive Elastomers / Kostrov S.A., Gorodov V.V., Muzafarov A.M., Kramarenko E.Y. // Polymer Science, Series B. – 2022. – Vol. 64. – №. 6. – P. 888-896. SJR=0,23 (Scopus), 1,0 печ.л., вклад автора – 0,8.

4. Kostrov S.A. Influence of Distribution Anisotropy and Particle Shape on Magnetorheological Properties of Magnetoactive Elastomers / Kostrov S.A., Razakov V.S., Stepanov G.V., Olenich E.A., Gorodov V.V., Kramarenko E.Y. // Polymer Science, Series A. – 2023. – Vol. 65. – №. 6. – P. 822-830. SJR=0,22 (Scopus), 1,0 печ.л., вклад автора – 0,8.

5. Kostrov S.A. Magnetoactive Thermoplastic Elastomers with Bottlebrush Strands: Switching and Programming of Mechanical Properties by a Magnetic Field / Kostrov S.A., Maw M.R., Sheiko S.S., Kramarenko E.Y. // ACS Applied Polymer Materials. – 2023. – Vol. 5. – №. 9. – P. 7458-7466. SJR=0,98 (Scopus), 1,0 печ.л., вклад автора – 0,5.

6. Kostrov S.A. Programming and Reprogramming the Viscoelasticity and Magnetic Response of Magnetoactive Thermoplastic Elastomers / Kostrov S.A., Marshall J.H., Maw M., Sheiko S.S., Kramarenko E.Y. // Polymers. – 2023. – Vol. 15. – №. 23. – P. 4607(1-14). SJR=0,8 (Scopus), 1,6 печ.л., вклад автора – 0,5.

На автореферат поступили 4 дополнительных положительных отзыва.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их профессиональной квалификацией и наличием публикаций в области физики высокомолекулярных соединений.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований можно сформулировать рекомендации по синтезу магнитоактивных эластомеров с высоким откликом на магнитное поле.

Основные результаты работы:

– Магнитоактивные эластомеры на основе низкомолекулярных полимеров с боковыми цепями, внедренными в точки ветвления полимерной цепи, демонстрируют относительный рост модуля упругости в магнитном поле величиной $B=1$ Тл до 3 порядков величины, что сравнимо с результатами, достигаемыми на материалах, содержащих до 70% низкомолекулярного масла в своем составе. Начальным модулем упругости, а следовательно, и магнитным откликом таких магнитоактивных эластомеров, можно управлять за счет варьирования концентрации магнитного наполнителя, а также концентрации сшивающего агента либо архитектуры гребнеобразного сополимера.

– Низкомолекулярные магнитоактивные эластомеры с анизотропным распределением магнитного наполнителя демонстрируют в несколько раз более высокий модуль упругости, чем изотропные аналоги как в магнитном поле, так и в его отсутствие. При этом относительный рост модуля упругости изотропных и анизотропных образцов близки, что объясняется вкладом в магнитный отклик перемещений магнитных частиц в случае изотропных материалов. Эффект Пэйна более ярко выражен для анизотропных материалов, что объясняется более высокими значениями модулей упругости в области линейной вязкоупругости и уменьшением вклада сетки магнитного наполнителя в упругость материала при высоких величинах деформации.

– Для достижения высокого магнитного отклика магнитоактивных эластомеров при низких концентрациях магнитного наполнителя использование пластинчатых магнитных частиц более эффективно, чем использование сферических частиц, за счет более низкой концентрации образования перколяционного кластера. При высоких наполнениях повороты и смещения пластинчатого магнитного наполнителя стерически затруднены, поэтому сферические частицы позволяют достичь большего магнитного отклика.

– Использование в магнитоактивных эластомерах термочувствительной полимерной матрицы в качестве дисперсионной среды открывает возможность для управления распределением частиц магнитного наполнителя в режиме реального времени. Это позволяет программировать свойства материала в широких пределах за счет воздействия температуры и магнитного поля.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

– Предложенный метод получения магнитоактивных полимерных материалов, основанный на использовании полимерных матриц с гребнеобразным строением субцепей либо узлов полимерной сетки, позволяет повысить подвижность магнитных частиц и степень их переструктурирования в магнитном поле. При этом стабильность материала обеспечивается химическими связями боковых цепей с полимерной матрицей.

– Анизотропия формы и пространственного распределения магнитных частиц значительно влияет на магнитореологические свойства магнитополимерных материалов: магнитоактивные эластомеры с цепочечным распределением магнитных частиц имеют более высокий модуль упругости, чем изотропные магнитоактивные эластомеры, как в поле, так и без поля, а пластинчатые магнитные частицы позволяют достичь более высокого магнитного отклика материала при низких концентрациях магнитного наполнителя за счет вращения и преодоления порога перколяции благодаря высокой анизотропии.

– Нагрев магнитополимерных термопластичных эластомеров с последующим охлаждением в магнитном поле заданной конфигурации позволяет многократно изменять распределение магнитного наполнителя после синтеза композитов. Таким образом, появляется возможность программировать свойства, определяемые этой структурой, в частности, вязкоупругие свойства магнитоактивных термопластичных эластомеров и их отклик на магнитное поле.

На заседании 17.10.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Кострову С.А. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 13, против - 0, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.3
доктор физико-математических наук,
профессор, академик РАН

А.Р. Хохлов

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.013.3
кандидат физико-математических наук, доцент

И.А. Малышкина

17 октября 2024г.