

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-39-45>

УДК [678.743.41:678.046.76]:537

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА, НАПОЛНЕННОГО МОДИФИЦИРОВАННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ ВОЛОКНАМИ

А. Л. БАШЛАКОВА⁺, Е. М. ТОЛСТОПЯТОВ, В. А. ШЕЛЕСТОВА, Л. Ф. ИВАНОВ

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Выполненная работа является первой частью комплексного исследования, направленного на определение анизотропии электрических характеристик композита, полученного одноосным прессованием.

Цель работы — изучение электрических характеристик композитов на основе политетрафторэтилена с наполнением измельченными углеродными волокнами в концентрациях 0–17 мас.% вдоль направления одноосного прессования.

Исследованы электрические характеристики на переменном токе фторопластовых композиционных материалов с короткими углеродными волокнами, модифицированными в низкотемпературной плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений. Волокна диаметром 7–10 мкм имели длину от 50 мкм до 200 мкм, а их концентрация в исследованных образцах составляла 0, 1, 3, 5, 7, 10 и 17 мас.%. Дисковые образцы диаметром 40 мм и толщиной 1,5 мм вырезаны из цилиндрического блока, полученного одноосным прессованием, с ориентацией плоскости перпендикулярно оси прессования. Измерения выполнены измерителем иммитанса «Е7-20» в частотном диапазоне 0,001–1 МГц и измерителем добротности «ВМ 560» на частотах 1,5 МГц и 15 МГц. Определены электрическая проницаемость и тангенс угла потерь в зависимости от концентрации волокон и частоты переменного напряжения. Обнаружено изменение крутизны концентрационной кривой ϵ и $\tan \delta$ на частотах 1,5 МГц и 15 МГц вблизи концентрации 5 мас.%. Сделано предположение о начале формирования в этой точке углеродных кластеров с повышенным дипольным моментом путём образования омического контакта пар углеродных микроволокон.

Ключевые слова: композит, политетрафторэтилен, углеродное волокно, электрические характеристики, переменное напряжение.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF POLYTETRAFLUOROETHYLENE FILLED WITH MODIFIED CARBON FIBERS

A. L. BASHLAKOVA⁺, E. M. TOLSTOPYATOV, V. A. SHELESTOVA, L. F. IVANOV

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

The work performed is the first part of a comprehensive study aimed at the research of the anisotropy of electrical characteristics of composites fabricated by uniaxial pressing.

The aim of the work is to study the electrical characteristics of composites based on polytetrafluoro-ethylene filled with crushed carbon fibers (CF) at concentrations of 0–17 wt.%, along the direction of uniaxial pressing.

The electrical characteristics of fluoroplastic composite materials with short carbon fibers modified in low-temperature plasma in an organofluorine medium have been studied at alternating current. The fibers of

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: bashlakova.anna@mail.ru

7–10 μ diameter had 50–200 μ length. Their concentration in the specimens investigated was 0, 1, 3, 5, 7, 10 and 17 wt.%. The disc specimens of 40 mm diameter and 1,5 mm thickness were cut out from cylindrical blocks that were fabricated by an uniaxial pressing. The measurements of electric permittivity and loss tangent were performed with using the immittance meter “E7-20” (in the frequency range 0,001–1 MHz) and Q-meter “BM 560” (at 1.5 and 15 MHz). A change in the steepness of the concentration curve ϵ and $\tan \delta$ at frequencies of 1.5 and 15 MHz near 5% wt. concentration was found. The assumption was made about the beginning of formation of carbon clusters with a higher dipole moment by means of ohmic coupling of microfiber pairs at this point.

Keywords: composite, polytetrafluoroethylene, carbon fiber, electrical characteristics, alternative voltage.

Поступила в редакцию 01.02.2023

© А. Л. Башлакова, Е. М. Толстомятов, В. А. Шелестова, Л. Ф. Иванов, 2023

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Башлакова А. Л., Толстомятов Е. М., Шелестова В. А., Иванов Л. Ф. Электрические характеристики политетрафторэтилена, наполненного модифицированными углеродными волокнами // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 1. С. 39–45. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-39-45>

Citation sample:

Bashlakova A. L., Tolstopyatov E. M., Shelestova V. A., Ivanov L. F. Elektricheskie kharakteristiki politetraftoretilena, napolnennogo modifitsirovannymi uglerodnymi voloknami [Electrical characteristics of polytetrafluoroethylene filled with modified carbon fibers]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 1, pp. 39–45. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-39-45>

Литература

1. Шуваев Е. П., Щербак В. В., Пугачев А. К., Галлай И. Я. Механизм электропроводности и поляризации политетрафторэтилена с углеродными волокнами // Высокомолекулярные соединения. 1989. Т. 31, № 5. С. 909–916.
2. Гуль В. Е., Шенфиль Л. З. Электропроводящие полимерные композиции. М.: Химия, 1984. 240 с.
3. Чмутин И. А., Летягин С. В., Шевченко В. Г., Пономаренко А. Т. Электропроводящие полимерные композиты: структура, контактные явления, анизотропия (обзор) // Высокомолекулярные соединения. 1994. Т. 36, № 4. С. 669–713.
4. Шелестова В. А., Коваль И. В., Башлакова А. Л. Влияние анизотропии фторопластовых композитов и концентрации наполнителя на коэффициент линейного теплового расширения // Полимерные материалы и технологии. 2019. Т. 5, № 3. С. 64–68.
5. Башлакова А. Л., Шелестова В. А., Гракович П. Н., Иванов Л. Ф. Исследование влияния модифицированных углеродных волокон на кристалличность политетрафторэтиленовой матрицы // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 1. С. 78–84.
6. Shelestova V. A., Grakovich P. N., Zhandarov S. F. A Fluoropolymer Coating on Carbon Fibers Improving Their Adhesive Interaction with PTFE Matrix // *Composite Interfaces*, 2011, vol. 18, is. 5, pp. 419–440. doi: 10.1163/156855411X595834
7. Годжаев Э. М., Мирзоева А. Н., Зейналов Ш. А., Османова С. С. Влияние полупроводникового наполнителя и алюминиевой наночастицы на поверхностные структуры и диэлектрические свойства композиционных материалов ПВДФ+TiInS₂<Al> // *Электронная обработка материалов*. 2016. Т. 52, № 2. С. 1–7.
8. Blythe T., Bloor D. Electrical properties of polymers. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. XI, 480 p.

References

1. Shuvaev E. P., Shcherbak V. V., Pugachev A. K., Galla I. Ya. Mekhanizm elektroprovodnosti i polarizatsii politetraftoretilena s uglerodnymi voloknami [Mechanism of electrical conductivity and polarization of polytetrafluoroethylene with carbon fibers]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya* [Polymer Science], 1989, vol. 31, no. 5, pp. 909–916.

2. Gul' V. E., Shenfil' L. Z. *Elektroprovodyashchie polimernye kompozitsii* [Electrically conductive polymer compositions]. Moscow : Khimiya Publ., 1984. 240 p.
3. Chmutin I. A., Letyagin S. V., Shevchenko V. G., Ponomarenko A. T. Elektroprovodyashchie polimernye kompozity: struktura, kontaktnye yavleniya, anizotropiya (obzor) [Electroconducting Polymer Composites: Structure, Contact Phenomenon, And Anisotropy (Review)]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya* [Polymer Science], 1994, vol. 36, no. 4, pp. 669–713.
4. Shelestova V. A., Koval' I. V., Bashlakova A. L. Vliyanie anizotropii ftoroplastovykh kompozitov i kontsentratsii napolnitelya na koeffitsient lineynogo teplovogo rasshireniya [Effect of the anisotropy of fluoroplastic composites and the filler concentration on the coefficient of linear thermal expansion]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer materials and technologies], 2019, vol. 5, no. 3, pp. 64–68.
5. Bashlakova A. L., Shelestova V. A., Grakovich P. N., Ivanov L. F. Issledovanie vliyaniya modifitsirovannykh uglerodnykh volokon na kristallichnost' politetraftoretlenovoy matritsy [Investigation of the effect of modified carbon fibers on the crystallinity of polytetrafluoroethylene matrix]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer materials and technologies], 2020, vol. 6, no. 1, pp. 78–84.
6. Shelestova V. A., Grakovich P. N., Zhandarov S. F. A Fluoropolymer Coating on Carbon Fibers Improving Their Adhesive Interaction with PTFE Matrix. *Composite Interfaces*, 2011, vol. 18, is. 5, pp. 419–440. doi: 10.1163/156855411X595834
7. Godzhaev E. M., Mirzoeva A. N., Zeynalov Sh. A., Osmanova S. S. Vliyanie poluprovodnikovogo napolnitelya i alyuminievoy nanochastitsy na poverkhnostnye struktury i dielektricheskie svoystva kompozitsionnykh materialov PVDF+TlInS₂<Al> [Influence of semiconductor filler and aluminum nanoparticles on surface structures and dielectric properties of composite materials PVDF+TlInS₂<Al>]. *Elektronnaya obrabotka materialov* [Electronic processing of materials], 2016, vol. 52, no. 2, pp. 1–7.
8. Blythe T., Bloor D. *Electrical properties of polymers*. Cambridge : Cambridge University Press, 2005. XI, 480 p.