

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-1-72-77>

УДК 677.494.674:544.032.65

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЛАВСАНОВУЮ ТКАНЬ, ПОКРЫТУЮ УГЛЕРОДОМ

А. Г. АНИСОВИЧ<sup>1</sup>, В. Г. ЗАЛЕССКИЙ<sup>1</sup>, М. И. МАРКЕВИЧ<sup>1+</sup>, А. Н. МАЛЫШКО<sup>1</sup>, В. И. ЖУРАВЛЕВА<sup>2</sup>, Н. М. ЧЕКАН<sup>1</sup>, ЧЭНЬ ЧАО<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси, ул. Купревича, 10, 220141, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Военная академия Республики Беларусь, пр-т Независимости, 220, 220050, г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Сямьинский университет, 361005, г. Сямьинь, Китайская Народная Республика

*Несмотря на большой прогресс в понимании физических процессов, которые происходят в полимерном материале в результате лазерного воздействия, практически неизученными остаются процессы формирования морфологии поверхности в двухимпульсном режиме. Особый интерес представляют работы по воздействию лазерного излучения на полимерные материалы с дополнительно нанесенными на них различными покрытиями. Теоретические модели для данного случая находятся на стадии разработки. Таким образом, актуальность изучения этих вопросов определяется как потребностями фундаментальных исследований, так и многочисленными важными практическими приложениями.*

*Цель работы — установить особенности лазерного воздействия в режиме сдвоенных импульсов на морфологию композиционного материала лавсан–углеродное покрытие и на магниторезонансное поглощение композитом энергии СВЧ.*

*Исследования образцов проводили методом энергодисперсионного (EDS) микроанализа, реализованного на сканирующем электронном микроскопе SEM 515, оптической микроскопии на инвертированном микроскопе МИ-1 и методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) на малогабаритном анализаторе «Минск 22».*

*В работе рассмотрено влияние лазерного воздействия на лавсановую ткань, покрытую углеродом, в широком диапазоне энергокладов на изменение морфологии поверхности и поглощение СВЧ энергии. Выявлено, что при разрушении ткани с покрытием, по краю отверстия образуется узкая (250 мкм) зона кипения лавсана (ширина зоны термического влияния), в этой зоне отсутствует углеродное покрытие. Показано, что спектральная линия резонанса имеет эффективное значение g-фактора 2,02, ширина линии составляет 1,6 мТл, что подтверждает кластерный режим формирования образца. Целесообразность применения лазерного воздействия на данный композит обусловлена отсутствием изменений во всех основных параметрах спектра ЭПР и существованием узкой зоны термического влияния шириной 250 мкм.*

**Ключевые слова:** морфология, полимер, лавсан, покрытие, лазерное воздействие, наносекундная длительность импульса, плотность мощности, двухимпульсный режим, длина волны, спектр, поглощение энергии СВЧ.

## EFFECTS OF LASER RADIATION ON LAVSANE FABRIC COATED BY CARBON

A. G. ANISOVICH<sup>1</sup>, V. G. ZALESSKY<sup>1</sup>, M. I. MARKEVICH<sup>1+</sup>, A. N. MALYSHKO<sup>1</sup>, V. I. ZHURAVLEVA<sup>2</sup>, N. M. SHEKAN<sup>1</sup>, CHEN CHAO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Kuprevich St., 10, 220141, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Military Academy of the Republic of Belarus, Nezavisimosti Ave, 220, 220050 Minsk, Belarus

<sup>+</sup> Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: chaplanov@gmail.com

<sup>3</sup>Xiamen University, 361005, Xiamen, People's Republic of China

*Despite the great progress in understanding the physical processes that occur in a polymer material as a result of laser irradiation, the processes of surface morphology formation in a two-pulse mode remain virtually unexplored. Of particular interest are works on the effects of laser radiation on polymeric materials with various coatings applied to them additionally. Theoretical models for this case are under development. Thus, the relevance of studying these issues is determined both by the needs of basic research and by many important practical applications.*

*The aim of the work is establishing the characteristics of the action of a laser in the double-pulse mode on the surface morphology of a carbon-coated lamsan on the magnetic resonance absorption of microwave energy by the composite.*

*The samples were studied with energy dispersive (EDS) microanalysis installed on the SEM 515 scanning electron microscope, with the metallographic complex based on the MI-1 inverted microscope, and with the Minsk 22 small-sized EPR analyzer.*

*The paper considers the effect of laser irradiation on a carbon-coated lamsan fabric in a wide range of energy depositions on changes in surface morphology and microwave energy absorption. It was revealed that when the coated fabric is destroyed, a narrow (250  $\mu\text{m}$ ) lamsan boiling zone (the width of the heat-affected zone) is formed along the edge of the hole. There is no carbon coating in this zone. It was shown that the spectral resonance line has an effective g-factor of 2.02, the line width is 1.6 mT, which confirms the cluster mode of sample formation. The expediency of applying laser irradiation on this composite is due to the absence of changes in all the main parameters of the EPR spectrum and the existence of a narrow thermal influence zone with a width of 250  $\mu\text{m}$ .*

**Keywords:** morphology, polymer, polyester, coating, laser exposure, nanosecond pulse duration, power density, two-pulse mode, wavelength, spectrum, microwave energy absorption.

*Поступила в редакцию 05.08.2019*

© А. Г. Анисович, В. Г. Залесский, М. И. Маркевич, А. Н. Малышко, В. И. Журавлева, Н. М. Чекан, Чэнь Чао, 2020

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](mailto:polmattex@gmail.com)  
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

#### Образец цитирования:

Анисович А. Г., Залесский В. Г., Маркевич М. И., Малышко А. Н., Журавлева В. И., Чекан Н. М., Чэнь Чао. Воздействие лазерного излучения на лавсановую ткань, покрытую углеродом // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 1. С. 72–77. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-1-72-77>

#### Citation sample:

Anisovich A. G., Zalesskiy V. G., Markevich M. I., Malysheko A. N., Zhuravleva V. I., Chekan N. M., Chen' Chao. Vozdeystvie lazernogo izlucheniya na lamsanovuyu tkan', pokrytuyu uglerodom [Effects of laser radiation on lamsane fabric coated by carbon]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2020, vol. 6, no. 1, pp. 72–77. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-1-72-77>

#### Литература

1. Толстопятов Е. М. Лазерная абляция полимеров // Полимерные материалы и технологии. 2016. Т. 2, № 1. С. 6–20.
2. Хасамиева Л. Г., Косолапова С. О. Проектирование игровых костюмов для пейтбола с использованием защитных сегментов из по-

- лимерных материалов // Вестник Казанского технического университета. 2012. Т. 15, № 13. С. 161–162.
3. Маркевич М. И., Жигулин Д. В., Журавлева В. И., Стельмах В. Ф., Чапланов А. М. Воздействие импульсного лазерного излучения на базальтовую ткань // Полимерные материалы и технологии. 2018. Т. 4, № 3. С. 51–56.
  4. Адашкевич С. В., Маркевич М. И., Малышко А. Н., Журавлева В. И., Стельмах В. Ф., Чапланов А. М. Морфология поверхности и магниторезонансное поглощение энергии СВЧ пенопластом, обработанного импульсным лазерным излучением // Полимерные материалы и технологии. 2018. Т. 4, № 1. С. 27–31.
  5. Захаров Л. А. Разработка теплофизической модели для описания абляции полимеров лазерным излучением в ИК диапазоне длин волн // 11-я всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых (ВНКСФ-11): сборник тезисов, Екатеринбург, 24–30 мая 2005. Екатеринбург, 2005. С. 649–650.
  6. Толстопятов Е. М., Красовский А. М. Нанесение тонкослойных покрытий из активированного потока продуктов лазерного распыления полимеров в вакууме // Вакуумные покрытия-88: тезисы докладов научно-технической конф., Минск, 20–21 апреля 1988. Минск, 1988. С. 90–91.
  7. Маркевич М. И., Чапланов А. М. Структурные превращения в тонких металлических пленках при импульсном лазерном воздействии // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. 2016. № 1. С. 28–34.
  8. Воробьев В. С. Плазма, возникающая при взаимодействии лазерного излучения с твердыми мишенями // Успехи физических наук. 1993. Т. 163, № 12. С. 51–83.
  9. Чекан Н. М., Акулич В. В., Акула И. П. Новый комбинированный метод получения алмазоподобных пленок // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы II Международной научно-технической конференции, г. Минск, Беларусь. Минск, 2007. Т. 2. С. 148–158.
  10. Адашкевич С. В., Бакаев А. Г., Гордиенко А. И., Маркевич М. И., Стельмах В. Ф., Чапланов А. М., Щербакова Е. Н. Магниторезонансная диагностика радиопоглощающих композиционных материалов // Полимерные материалы и технологии. 2015. Т. 1, № 1. С. 71–75.
  11. St-Onge L., Sabsabi M., Cielo P. Analysis of solids laser-induced plasma spectroscopy in double-pulse mode // Spectrochimica Acta. Part B, 1998, vol. 53, pp. 407–415.

## References

1. Tolstopyatov E. M. Lazernaya ablyatsiya polimerov [Laser ablation of polymers]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2016, vol. 2, no. 1, pp. 6–20.
2. Khasamiyeva L. G., Kosolapova S. O. Proektirovanie igrovyykh kostyumov dlya peytbola s ispol'zovaniem zashchitnykh segmentov iz polimernykh materialov [Designing of game suits for paintball using protective segments made of polymer materials]. *Vestnik Kazanskogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2012, vol. 15, no. 13, pp. 161–162.
3. Markevich M. I., Zhigulin D. V., Zhuravleva V. I., Stel'makh V. F., Chaplanov A. M. Vozdeystvie impul'snogo lazernogo izlucheniya na bazal'tovuyu tkan' [Effect of impulsed laser radiation on basalt fabric]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2018, vol. 4, no. 3, pp. 51–56.
4. Adashkevich S. V., Markevich M. I., Malysheko A. N., Zhuravleva V. I., Stel'makh V. F., Chaplanov A. M. Morfologiya poverkhnosti i magnitorezonansnoe pogloshchenie energii SVCh penoplastom, obrabotannogo impul'snym lazernym izlucheniem [Surface morphology and magnetic resonance absorption of microwave energy by foam treated with pulsed laser radiation]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2018, vol. 4, no. 1, pp. 27–31.
5. Zakharov L. A. Razrabotka teplofizicheskoy modeli dlya opisaniya ablyatsii polimerov lazernym izlucheniem v IK diapazone dlin voln [Development of a thermophysical model to describe the ablation of polymers with laser radiation in the IR wavelength range]. *11-ya vsrossiyskaya nauchnaya konferentsiya studentov-fizikov i molodykh uchenykh (VNKSF-11): sbornik tezisev* [11th All-Russian Scientific Conference of Physicists and Young Scientists: collection of abstracts]. Ekaterinburg, 2005, pp. 649–650.
6. Tolstopyatov E. M., Krasovskiy A. M. Nanesenie tonkosloynnykh pokrytiy iz aktivirovannogo potoka produktov lazernogo raspyleniya polimerov v vakuume [Application of thin-layer coatings from an activated stream of products of laser spraying of polymers in vacuum]. *Tezisy dokladov nauchno-tekhnicheskoy konf. «Vakuumnye pokrytiya-88»* [Abstracts of scientific and technical conf. "Vacuum coatings-88"]. Minsk, 1988, pp. 90–91.
7. Markevich M. I., Chaplanov A. M. Strukturnye prevrashcheniya v tonkikh metallicheskih plenках pri impul'snom lazernom vozdeystvii [Structural transformations in thin metal films with pulsed laser irradiation]. *Vesti Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical and technical Sciences], 2016, no. 1, pp. 28–34.
8. Vorob'ev V. S. Plazma, vznikayuschaya pri vzaimodeystvii lazernogo izlucheniya s tverdymi mishenyami [Plasma arising during the interaction of laser radiation with solids]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Advances in Physical Sciences], 1993, vol. 163, no. 12, pp. 51–83.
9. Chekan N. M., Akulich V. V., Akula I. P. Novyy kombinirovanny metod polucheniyaalmazopodobnykh plenok [A new combined method for producing diamond-like films]. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Sovremennyye metody i tekhnologii sozdaniya i obrabotki materialov»* [Materials of the II International Scientific and Technical Conference "Modern Methods and Technologies for the Creation and Processing of Materials"]. Minsk, 2007, vol. 2, pp. 148–158.
10. Adashkevich S. V., Bakaev A. G., Gordienko A. I., Markevich M. I., Stel'makh V. F., Chaplanov A. M., Shcherbakova E. N. Magnitorezonansnaya diagnostika radiopogloshchayushchikh kompozitsionnykh materialov [Magnetic resonance diagnostics of radar absorbing composite materials]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2015, vol. 1, no. 1, pp. 71–75.
11. St-Onge L., Sabsabi M., Cielo P. Analysis of solids laser-induced plasma spectroscopy in double-pulse mode. *Spectrochimica Acta. Part B*, 1998, vol. 53, pp. 407–415.