

УДК 67.017

**ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА  
ПРОПУСКАНИЯ ВИДИМОГО СВЕТА ТОНКИХ ПЛЕНОК ПОЛИКАПРОЛАКТОНА**

Е.О. Филиппова, А.Д. Журавлева, Н.М. Иванова

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Ю.Ю. Крючков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: katerinabosix@mail.ru

**INFLUENCE OF ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA ON VISIBLE LIGHT TRANSMISSION  
COEFFICIENT CHANGE IN POLYCAPROLACTONE FILMS**

E.O. Filippova, A.D. Zhuravleva, N.M. Ivanova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. U.U. Kruchkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: katerinabosix@mail.ru

***Abstract.** In this work, the effect of influence of atmospheric pressure plasma on visible light transmission coefficient change in polycaprolactone films was investigated. An analysis of the data showed that Treatment of the surface of polycaprolactone films with low-temperature plasma at atmospheric pressure for more than 60 s reduces the transmittance of visible light by 7% -10%.*

**Введение.** Поликопролактон являются наиболее перспективным биоразлагаемым полимером, используемыми в медицине в качестве шовного материала, костных пластинок, брюшных сеток, стентов, скэффолдов, а также для систем доставки лекарственных средств [1, 2]. Особый интерес представляет применение поликопролактона в роли имплантата для роговицы для лечения буллезной кератопатии [3]. Одним из основных требований к биodeградируемому материалу в качестве медицинского материала является смачиваемая его поверхность [2], которая достигается путем воздействия на полимер низкотемпературной плазмой атмосферного давления, а также оптическая прозрачность материала.

Таким образом, целью настоящего исследования является изучение влияние плазмы атмосферного давления на изменение коэффициента пропускания видимого света тонких пленок на основе поликапролактона.

**Материалы и методы исследования.** Исходные образцы пленок были получены в результате растворения поликапролактона (Нидерланды) в трихлорметане ( $\text{CHCl}_3$ ) (Экрос, Россия). Через 48 часов, после испарения растворителя, сформированные полимерные пленки удаляли из чашки Петри.

Модификацию поверхности полученных пленок проводили с использованием экспериментальной установки низкотемпературной плазмы атмосферного давления (ТПУ). Время воздействия плазмой составило 30, 60, 90 с.

Степень кристалличности определялся с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии. Термограммы получались с использованием прибора ТГ/ДСК/ДТА термоанализатора SDTQ 600 (Thermo Electron Corp, ТПУ). Анализ дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК)

проводился при следующих условиях: температурный интервал – (25 – 250)°С, скорость нагрева – 10°С/мин, атмосфера – воздух.

Измерение коэффициентов пропускания видимого света  $\tau$  от длины волны  $\lambda$  производилось с помощью флуоресцентного спектрофотометра Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer в диапазоне длин волн 380–760 нм. В качестве источника излучения использовалась импульсная ксеноновая лампа с длительностью импульса 2 мкс, эквивалентной мощностью до 75 кВт и частотой следования световых импульсов 80 Гц. Спектральная ширина щели – 1,5 нм. Абсолютная погрешность установки длин волн монохроматора составляла – 1,5 нм. Съемка спектров пропускания проводилась не менее трех раз для каждой группы образцов.

Для статистического анализа полученных результатов исследований применялся статистический пакет IBM SPSS Statistics 20. Для описания количественных переменных рассчитывались их средние значения, среднеквадратические отклонения, максимальные и минимальные значения. Различия между группами рассчитывали методом t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Согласно полученным результатам (рис. 1) максимальное значение коэффициента пропускания спектра видимого излучения исходных плёнок наблюдался при  $\lambda = 700$  нм и находился в области (56-57)%. Воздействие низкотемпературной плазмы атмосферного давления при 60 секунд экспозиции снижало  $\tau$  исходных образцов в среднем на 7%. Стоит отметить, что увеличение времени плазменного воздействия приводило к смещению области пропускания пленок поликапролактона до 25% ( $\lambda = 400$  нм) – 40% ( $\lambda = 700$  нм) (рис. 1).

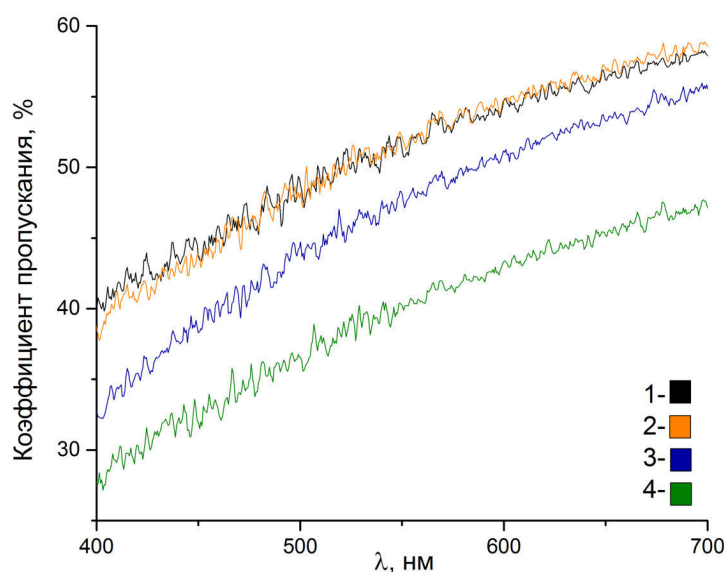


Рис. 1. Спектры светопропускания плёнки поликапролактона:

1 - исходные; 2 - плазма 30с, 3 - плазма 60с, 4 - плазма 90с

Степень кристалличности полученной пленки поликапролактона составило 27,5%. Анализ ДСК термограмм до и после воздействия низкотемпературной плазмой при экспозиции 30с на полимерные плёнки показал отсутствие значительных сдвигов температуры плавления, что свидетельствовало об отсутствии выраженной реакции сшивания или разрушения в цепи полимера [4]. Степень

кристалличности материала составила 24%, что на 3,5% меньше исходного значения. Подобные явления, как показывают литературные данные, связаны с ослаблением реакции ионизации в полимерной цепи, возникающие при изменении кристалличности полимера и его средней молекулярной массы [5, 6]. Однако, согласно полученным результатам данной работы, с увеличением времени плазменной обработки поверхности (60 с и выше) кристалличность полимера увеличивается до 40,3%.

При кристаллизации полимера образуются анизотропные структуры – сферолиты, размером более 100 нм, вносящие основной вклад в рассеяние света и являющиеся одной из главных причин недостаточности прозрачности материала [7, 8]. Интенсивность рассеянного света снижается с уменьшением степени кристалличности и среднего размера сферолитов. Таким образом, возможное образование сферолитов в структуре полимера в результате плазменной обработки способствует снижению коэффициента пропускания  $\tau(\lambda)$ .

**Заключение.** В результате проведенных исследований выявлено, что обработка поверхности пленок поликапролактона низкотемпературной плазмой атмосферного давления более 60с снижает коэффициент пропускания видимого света на 7%-10%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-08-00648.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heeren T., Holz F. G., Löffler K. U. Bullous keratopathy // *Ophthalmology*. – 2013. – Vol. 110. – P. 1069-1072.
2. Ershuai Z., Chuanshun Z., Jun Y., Hong S., Xiaomin Z., Suhua L., Yonglan W., Lu S., Fanglian Y. Electrospun PDLA/PLGA composite membranes for potential application in guided tissue regeneration // *Materials Science and Engineering*. – 2016. – Vol. 58. – P. 278 – 285.
3. Bredow L., Schwartzkopff J., Reinhard T. Regeneration of corneal endothelial cells following keratoplasty in rats with bullous keratopathy // *Molecular Vision*. – 2014. – Vol. 20. – P. 683–90.
4. Delpouve N. Water barrier properties in biaxially drawn poly (lactic acid) films // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2012. – Vol. 116, №. 15. – P. 4615-4625.
5. Takeuchi N. Cellular compatibility of a gamma-irradiated modified siloxane-poly (lactic acid)-calcium carbonate hybrid membrane for guided bone regeneration // *Dental Materials Journal*. – 2011. – P. 1109210186-1109210186.
6. Savaris M., Dos Santos V., Brandalise R.N. Influence of different sterilization processes on the properties of commercial poly (lactic acid) // *Materials Science and Engineering*. – 2016. – Vol. 69. – P. 661-667.
7. Серова В.Н. Полимерные оптические материалы. - СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 284 с.
8. Сперантская Т.А., Тарупина Л.И. Оптические свойства полимеров. - Л: Химия, 1976. – 136 с.