

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ИОНАМИ СУРЬМЫ

А.В. Ющик, И.И. Азарко, М.Г. Лукашевич, Ю.В. Сидоренко, В.Б. Оджаев

Белорусский государственный университет,

pr. Независимости 4, Минск 220030, Беларусь, *Alexander111y@mail.ru, Azarko@bsu.by, Lukashevich@bsu.by, sidoryu@bsu.by, Odzaev@bsu.by*

В диапазоне длин волн 200-3000 нм исследованы оптические характеристики (пропускание и отражение) тонких (40 мкм) пленок полиэтилентерефталата, имплантированных ионами сурьмы с энергией 40 кэВ в интервале доз $5 \cdot 10^{16} - 1.25 \cdot 10^{17}$ см⁻² при плотности ионного тока в пучке 4 мкА/см². Интегральный коэффициент пропускания после имплантации уменьшается в полтора раза, а интегральный коэффициент отражения имеет немонотонную зависимость от дозы. Обнаружены отсутствие характерной для исходной пленки резкой полосы отражения при $\lambda = 255$ нм в отражении имплантированной стороной и ее присутствие в отражении неимплантированной, а также широкая полоса при $\lambda = 460$ нм, обусловленная формированием сурьмасодержащих включений, максимум которой смещается в длинноволновую область до $\lambda = 630$ и $\lambda = 560$ нм при отражении имплантированной и неимплантированной сторонами соответственно.

Ключевые слова: пленка; полиэтилентерефталат; имплантация; ион; сурьма; пропускание; отражение.

OPTICAL PROPERTIES OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE FILMS IMPLANTED WITH ANTIMONY IONS

Aleksandr Yusichik, Igor Azarko, Mikhail Lukashevich, Julia Sidorenko, Vladimir Odzhaev

Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Ave., 220030 Minsk, Belarus,

Alexander111y@mail.ru, Azarko@bsu.by, Lukashevich@bsu.by, sidoryu@bsu.by, Odzaev@bsu.by

Optical properties (transmission and reflection) of thin (40 μm) polyethylene terephthalate films implanted with antimony ions with an energy of 40 keV in the dose range $5 \cdot 10^{16} - 1.25 \cdot 10^{17}$ cm⁻² at an ion current density in a beam of 4 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ have been studied in the wavelength range of 200-3000 nm. The integral transmittance after implantation decreases by one and a half times, and the integral reflectance has a non-monotonic dependence on the dose. The absence of a sharp reflection band characteristic of the initial film at $\lambda = 255$ nm in the reflection by the implanted side and its presence from the non-implanted side, as well as a wide band at $\lambda = 460$ nm, caused by the formation of antimony-containing inclusions, the maximum of which shifts to the long-wave region to $\lambda = 630$ and $\lambda = 560$ nm in the reflection by the implanted and non-implanted sides, respectively, were detected.

Keywords: film; polyethylene terephthalate; implantation; ion; antimony; transmission; reflection.

Введение

Имплантация ионов металлов в полимерные пленки не только изменяет величину проводимости и магнитное состояние, но и приводит к формированию многослойного металл-полимерного композита с разными показателями преломления [1]. Варьирование режимов имплантации и характеристик имплантируемых ионов позволяет получать структуры, представляющие большой интерес в области оптических и магнитооптических приложений.

В данной работе представлены резуль-

таты изучения спектральных зависимостей пропускания и отражения пленок полиэтилентерефталата (ПЭТФ), имплантированных ионами сурьмы.

Методика эксперимента

Однозарядные ионы Sb^+ с энергией 40 кэВ, были имплантированы в интервале доз от $6.25 \cdot 10^{14}$ до $1.25 \cdot 10^{17}$ ион/см² в пленки ПЭТФ – $(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$ толщиной 40 мкм при плотности ионного тока в пучке $j = 4$ мкА/см². Имплантация проводилась на ионно-лучевом ускорителе ВЕЗУВИЙ-6

при комнатной температуре.

Спектры отражения и пропускания регистрировались при комнатной температуре в диапазоне длин волн 200-3000 нм на однолучевом спектрофотометре PHOTON-RT. Спектральные зависимости коэффициентов пропускания изучались при нормальном падении света, а отражения - при угле падения 8° . Спектральное разрешение было не хуже 0.5 нм, а погрешность измерения амплитуды не превышала $\pm 0.5\%$.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Спектральные зависимости пропускания исходной и имплантированных пленок показаны на рис.1.

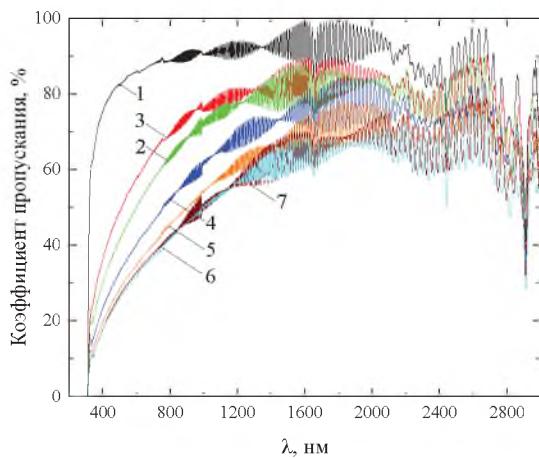


Рис. 1. Спектральная зависимость пропускания исходной (1) и имплантированных ионами сурьмы (2-7) пленок полиэтилентерефталата. $D, \text{ см}^{-2}$: 2 – $6,25 \cdot 10^{14}$; 3 – $1,25 \cdot 10^{15}$; 4 – $3,12 \cdot 10^{15}$; 5 – $6,24 \cdot 10^{15}$; 6 – $9,36 \cdot 10^{15}$; 7 – $1,25 \cdot 10^{16}$

Резкий край пропускания наблюдается при $\lambda \approx 310$ нм и соответствует типичному значению границы прозрачности ПЭТФ. В исходной пленке коэффициент пропускания близок к 90 % и он практически не зависит от длины волны до $\lambda \approx 2000$ нм.

Дозовая зависимость интегрального коэффициента пропускания показана на рис. 2. Имплантация приводит к его уменьшению не более чем в полтора раза, что обусловлено формированием на длине пробега ионов углеродных включений, а также увеличением концентрации атомов сурьмы и, как следствие, формированием ее включений в виде кластеров.

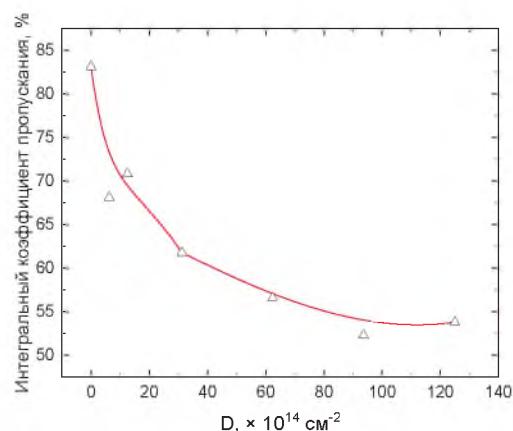


Рис. 2. Зависимость интегрального коэффициента пропускания пленок полиэтилентерефталата от дозы имплантации ионов сурьмы

Отметим, что в имплантированных ионами серебра пленках [1] при тех же режимах имплантации величина пропускания уменьшается в три раза.

На рис. 3 (а) и (б) показаны спектральные зависимости коэффициента отражения

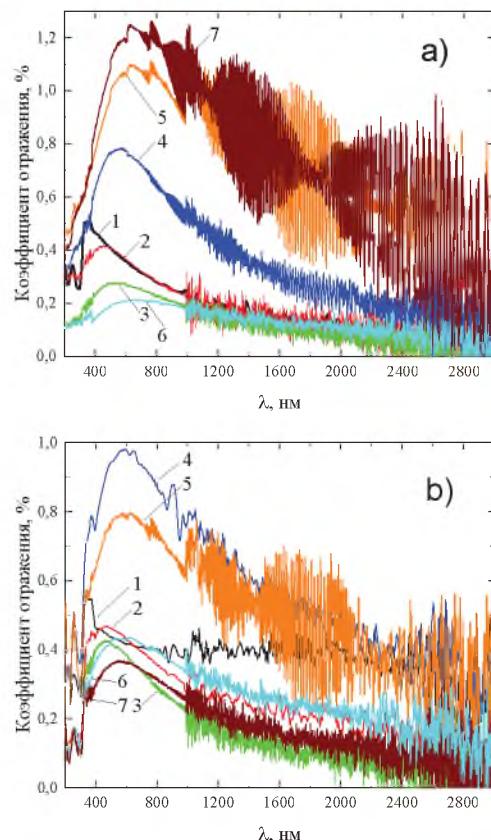


Рис. 3. Спектральная зависимость отражения исходной (1) и имплантированных ионами сурьмы (2-7) пленок полиэтилентерефталата при падении света на имплантированную (а) и неимплантированную (б) сторону. $D, \text{ см}^{-2}$: 2 – $6,25 \cdot 10^{14}$; 3 – $1,25 \cdot 10^{15}$; 4 – $3,12 \cdot 10^{15}$; 5 – $6,24 \cdot 10^{15}$; 6 – $9,36 \cdot 10^{15}$; 7 – $1,25 \cdot 10^{16}$

исходной и имплантированных пленок при падении света на имплантированную и неимплантированную стороны.

В исходной пленке, независимо от стороны падения света, наблюдается узкая полоса отражения при $\lambda = 255$ нм; резкое увеличение отражения при $\lambda > 310$ нм, из-за прозрачности ПЭТФ, а также уменьшение величины отражения с увеличением длины волны в области прозрачности.

В отражении имплантированной стороны при первой дозе имплантации интенсивность узкой полосы уменьшается, а дальнейший набор дозы приводит к ее отсутствию. В тоже время, эта полоса существует при всех дозах в отражении неимплантированной стороной, причем ее положение и интенсивность зависят от дозы имплантации.

Отметим также появление широкой полосы отражения от обоих сторон с максимумом $\lambda \approx 460$ нм, который смещается в длинноволновую область до $\lambda \approx 630$ и $\lambda \approx 560$ нм при отражении имплантированной и неимплантированной сторонами соответственно. Меньшая величина коэффициента отражения неимплантированной стороной, а также сдвиг отражения в длинноволновую область может быть связан с неравномерным распределением размера формирующихся включений по толщине модифицированного слоя [2, 3].

Зависимость интегрального коэффициента отражения от дозы имплантации при падении света на имплантированную и неимплантированную стороны показана на рис. 4.

Можно видеть, что эти зависимости хорошо коррелируют за исключением максимальной дозы при которой наблюдается резкое увеличение коэффициента отражения имплантированной стороной. На наш взгляд, это свидетельствует о формировании при этой дозе достаточно больших кластеров сурьмы часть из которых выходит на поверхность имплантированной стороны.

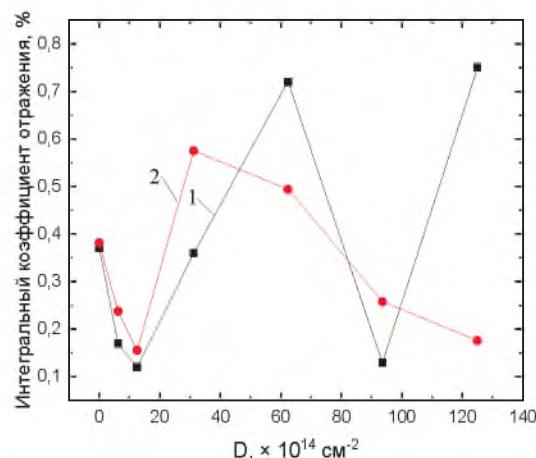


Рис. 4. Зависимость интегрального коэффициента отражения пленок полиэтилентерефталата, имплантированных ионами сурьмы, от дозы имплантации при падении света на имплантированную (1) и неимплантированную (2) стороны пленки

Заключение

Обнаружены отсутствие характерной для исходной пленки узкой полосы отражения при $\lambda = 255$ нм при падении света на имплантированную сторону и ее присутствие в отражении неимплантированной стороной, а также широкая полоса, обусловленная формированием сурьмасодержащих включений с максимумом при $\lambda = 460$ нм, который смещается в длинноволновую область до $\lambda = 630$ и $\lambda = 560$ нм при отражении имплантированной и неимплантированной сторонами соответственно.

Библиографические ссылки

1. Бумай Ю.А., Волобуев В.С., Валеев В.Ф., Долгих Н.И., Лукашевич М.Г., Хайбуллин Р.И. и др. Оптические характеристики композита, полученного имплантацией ионов серебра в полиэтилентерефталат. *Журнал прикладной спектроскопии* 2012; 79(5): 781-787.
2. Townsend P.D., Chandler P.J., Zhang L. *Optical effects of ion implantation*. Cambridge: Cambridge university; 1994. 296 p.
3. Stepanov A.L., Hole D.E., Townsend P.D. Reflectance of the dielectric layers containing formed by ion implantation. *Journal of Non-Crystalline Solids* 1999; 244: 275-279.