

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ЕЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

С.В. Васильев, А.С. Воронцов, А.Ю. Иванов, В.А. Лиопо, В.А. Струк
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
230023 Беларусь, Гродно, ул. Ожешко, 22, e-mail: ion_pe@mail.ru

Исследована зависимость характера изменения микрорельефа и прочностных характеристик пленок из полиэтилена высокого давления, подвергнутых воздействию лазерного излучения с плотностями потока, не приводящими к визуально наблюдаемым изменениям материала. Обнаружен различный характер изменения морфологии поверхности полиэтиленовых пленок при их обработке излучением с плотностью потока от 10^3 до 10^4 и от 10^4 до 10^5 Вт/см². Сделано предположение о причинах обнаруженного отличия.

Введение

Лазерная обработка как способ изменения технологических характеристик различных и, в том числе, полимерных материалов в наши дни широко используется в промышленности. Однако механизмы изменения физико-механических свойств полимерных материалов при их лазерной обработке требуют дополнительного изучения. В работах [1, 2] описаны результаты исследований изменения структуры металлов при воздействии на них импульсного лазерного излучения при использовании «мягких» (неразрушающих) режимов обработки материала.

Целью данной работы являлось исследование изменения структуры и микрорельефа образцов из полиэтилена высокого давления при воздействии на их поверхности импульсного лазерного излучения с плотностью потока $10^3 - 10^5$ Вт/см², т. е. в отсутствие визуально наблюдаемых изменений в обработанных образцах.

Экспериментальная установка и экспериментальные результаты

В качестве источников воздействующего на полиэтиленовый образец лазерного излучения использовались: рубиновый лазер (длина волны излучения $\lambda = 0,69$ мкм), работавший в режиме свободной генерации, что позволяло получать импульсы длительностью $\tau \sim 400$ мкс с энергией $E \sim 1$ Дж, а также лазер на неодимовом стекле ($\lambda = 1,06$ мкм, $\tau \sim 1,2$ мс, энергия варьировалась от 10 до 40 Дж). Апертура пучка лазерного излучения ограничивалась диафрагмой, изображение которой при помощи фокусирующей системы строилось на поверхности облучаемого образца. В качестве фокусирующих использовались как однолинзовые, так и двухлинзовые системы, что позволяло получать на поверхности полиэтилена зону облучения с резкими краями и варьировать ее диаметр от 5 до 25 мм. Это обеспечивало изменение плотности потока излучения q от 10^3 до 10^5 Вт/см². Часть лазерного излучения ($\sim 5\%$) направлялась передней гранью стеклянного клина в измеритель энергии ИМО-2Н, входной зрачок которого был расположен в фокальной плоскости линзы. Отраженное задней гранью клина излучение направлялось на коаксиальный фотоземлет ФЭК-14, сигнал с которого

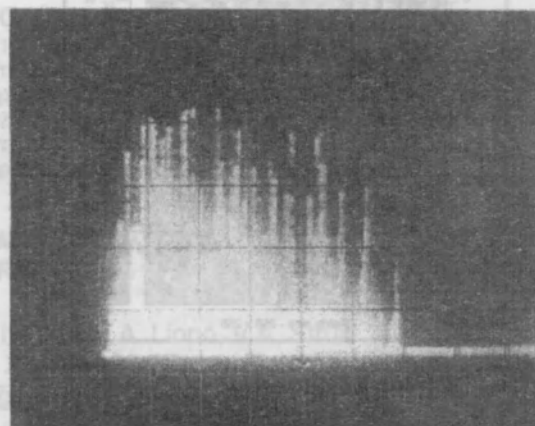


Рис. 1. Типичная форма лазерного импульса. Развертка во времени 200 мкс/дел

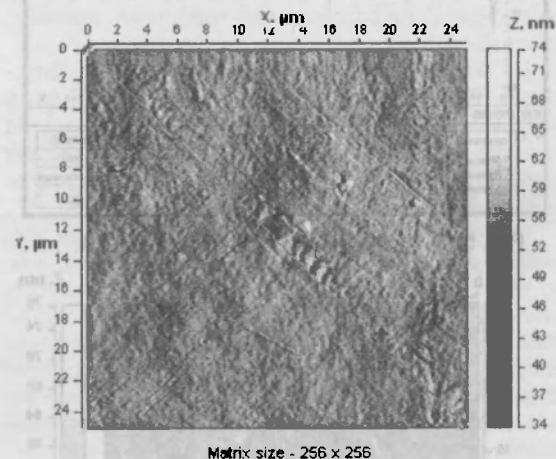


Рис. 2. Морфология поверхности полиэтиленового образца толщиной 120 мкм, подвергнутого воздействию излучения рубинового лазера ($q \sim 0,4 \cdot 10^4$ Вт/см²). Поле сканирования 25*25 мкм.

подавался на вход осциллографа С8-13 и использовался для регистрации временной формы лазерного импульса. Типичная временная форма лазерного импульса представлена на рис. 1.

Для исследования эволюции микрорельефа твердого тела, подвергнутого воздействию лазерного излучения, использовался метод атомно-силовой микроскопии (АСМ). Изучение рельефа поверхности проводилось на силовом микроскопе

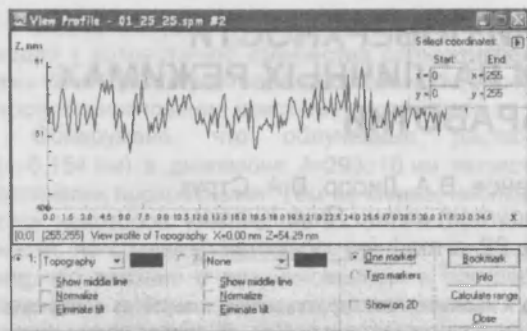


Рис. 3. Профиль поверхности образца рис 2.

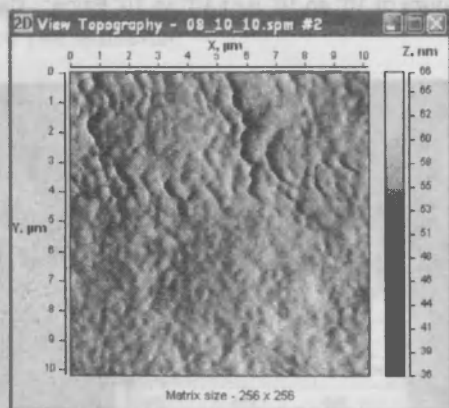


Рис. 4. Морфология поверхности образца рис. 2. Поле сканирования 10*10 нм.

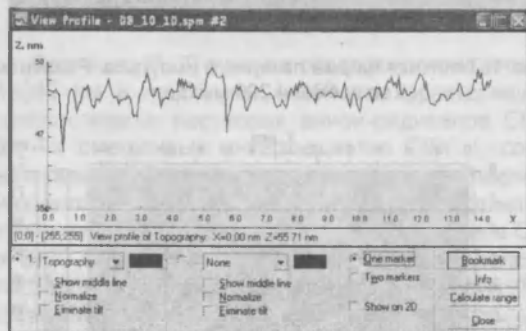
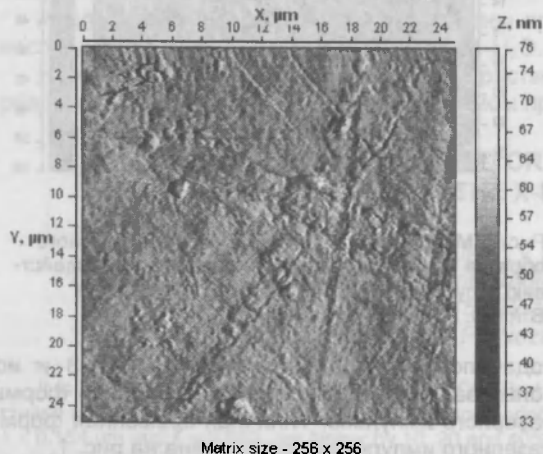


Рис. 5. Профиль поверхности образца рис. 4.

Рис. 6. Морфология поверхности полиэтиленового образца толщиной 120 мкм, подвергнутого воздействию излучения неодимового лазера ($q \sim 1,4 \cdot 10^4$ Вт/см²). Поле сканирования 25*25 нм.

НАНОТОП - 201 с обеих сторон образца. Характерные АСМ – снимки облученных поверхностей

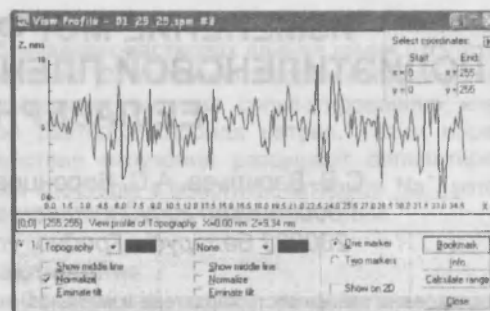


Рис. 7. Профиль поверхности образца рис. 6.

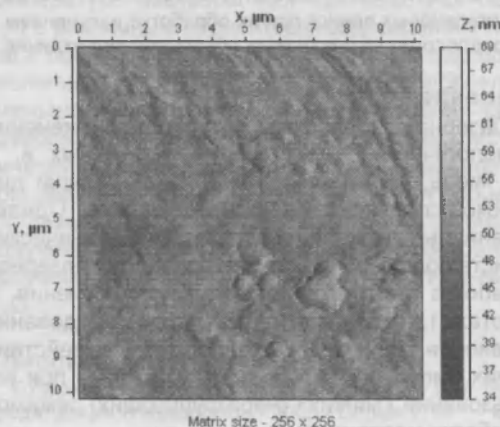


Рис. 8. Морфология поверхности образца рис. 6. Поле сканирования 10*10 нм.

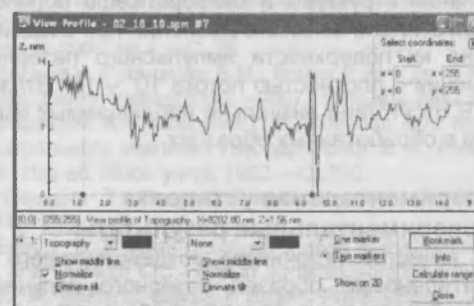


Рис. 9. Профиль поверхности образца рис. 8.

приведены на рис. 2 - 9.

Проведены также исследования прочности полиэтиленовых образцов, подвергнутых и не подвергнутых обработке лазерным излучением. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Заключение

Проведенные исследования показали, что при воздействии на поверхность полиэтиленовых пленок лазерного излучения с использованием «мягких» (неразрушающих) режимов в морфологии поверхности обработанных образцов происходили изменения. При малых плотностях потока лазерного излучения (q от 10^3 до 10^4 Вт/см²) независимо от числа экспозиций шероховатости поверхности сглаживаются. При этом прочность образца уменьшается, а какие – либо изменения структуры вещества не обнаруживаются ни методами ИК-спектроскопии, ни при использовании рентгеновской дифрактометрии. Очевидно, при данных режимах воздействие ЛИ на вещество приводит только к нагреву поверхности облучаемого образца, что сопровождается снятием на-

Таблица 1. Пределы прочности обработанных и не обработанных лазерным излучением полиэтиленовых образцов.

1 – 3 – необработанные образцы; 4 – образец подвергнут однократному воздействию неодимового лазера с указанными выше параметрами; 5 – 8 – образцы подвергнуты воздействию рубинового лазера с указанными выше параметрами: 5 – однократному, 6 – двукратному с интервалом между экспозициями 20 минут, 7 – четырехкратному, 8 – восьмикратному с теми же интервалами между экспозициями.

№ образца	σ , МПа	ср. знач.	Ср. кв. откл.
1	18,61111	18,3	0,6
2	17,08333		
3	19,16667		
4	13,05556	14,8	0,4
5	15,27778		
6	14,23611		
7	14,58333		
8	15,20833		

пряжений в полиэтиленовой пленке, возникших в процессе ее вытяжки.

При увеличении плотности потока лазерного излучения (q от 10^4 до 10^5 Вт/см²) шероховатость поверхности увеличивается. Подобные изменения морфологии поверхности пленки может быть связаны с началом поглощения лазерного излучения в объеме полимера (например, на границах кристаллической и аморфной фаз), что приводит к локальному нагреву областей поглощения, возникновению в них термоупругих напряжений и началу изменения соотношения объемов кристаллической и аморфной фаз в полиэтилене. Подобное предположение не противоречит и данным рентгеноструктурного анализа.

Список литературы

1. Лиопо В.А. и др. // Взаимодействие излучений с твердым телом: Материалы V Международной конференции. - Мн., 2003. - С. 272.
2. Лиопо В.А. и др. // Взаимодействие излучения с твердым телом: Материалы VI Международной конференции. - Мн., 2005. - С. 53.

INVESTIGATION OF POLYETHYLENE FILM MORPHOLOGY ON ITS TREATMENT IN DIFFERENT REGIMES

S.V. Vasiliev, A.S. Vorontsov, A.Yu. Ivanov, V.A. Liopo, V.A. Struk

Grodno State University, Ozheshko 22, 230023 Grodno, Belarus,

e-mail: ion_ne@mail.ru

Dependence of microrelief and tensile strength changes character of high – pressure polyethylene films treated by laser radiation with non – destructive flow density was investigated. The different character of polyethylene films surface morphology changes on their treating by laser radiation with flow density from 10^3 to 10^4 and from 10^4 to 10^5 W/sm² was detected. The supposition on the detected difference reasons was made.