

Горончко Владимир Александрович

магистр техн. наук,

младший научный сотрудник, аспирант

ФГБОУ ВО «Томский государственный университет

систем управления и радиоэлектроники»

г. Томск, Томская область

ИССЛЕДОВАНИЕ ИК-СПЕКТРОВ ПОЛИЭТИЛЕНА МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ ZRO₂

Аннотация: в работе представлены результаты исследований ИК-спектров образцов полиэтилена, модифицированного нанопорошками ZrO₂ разной концентрации до и после облучения потоком электронов с энергией 30 кэВ.

Ключевые слова: нанокомпозиты, нанопорошки ZrO₂, полиэтилен высокого давления, оптические свойства полимеров.

В инфракрасных спектрах пропускания образцов полиэтилена не модифицированного и модифицированного нанопорошками диоксида циркония регистрируются три области полос (рисунок 1, 2): 3150–4000 см⁻¹, 1500–2650 см⁻¹ и 400–1400 см⁻¹. При введении наночастиц в объём полимера новые полосы поглощения не проявляются, но коэффициент пропускания уменьшается по всему спектру. С увеличением концентрации наночастиц интенсивность полос уменьшается.

Расшифровка ИК-спектра полиэтилена затруднена тем, что образец не является ни полностью кристаллическим, ни полностью аморфным (в спектре вместе с полосами аморфной и кристаллической области есть полосы взаимного их влияния), также макромолекулы технического полимера имеют конечную длину и содержат разветвления (появление в спектре дополнительных полос, зачастую малой интенсивности). Из-за присутствия в цепи дефектов могут активироваться оптически неактивные колебания (химические примеси, конфор-

мационная нерегулярность цепи). В области спектра твердого полиэтилена от 500 до 5800 см⁻¹ обнаружено около 90 полос [1].

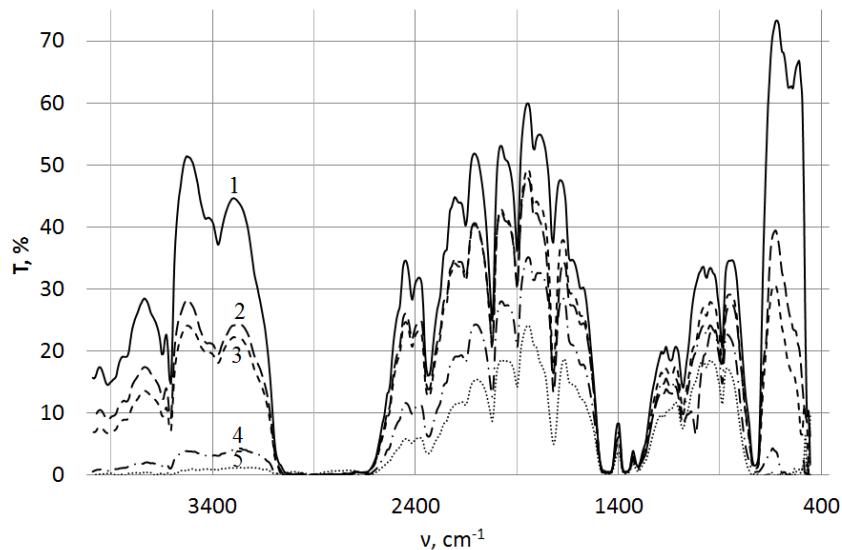


Рис. 1 – ИК спектры пропускания образцов полиэтилена до облучения исходного (1) и модифицированного наночастицами ZrO₂ различной концентрации, масс.%: 2 – 0.5, 3 – 1, 4 – 3, 5 – 5

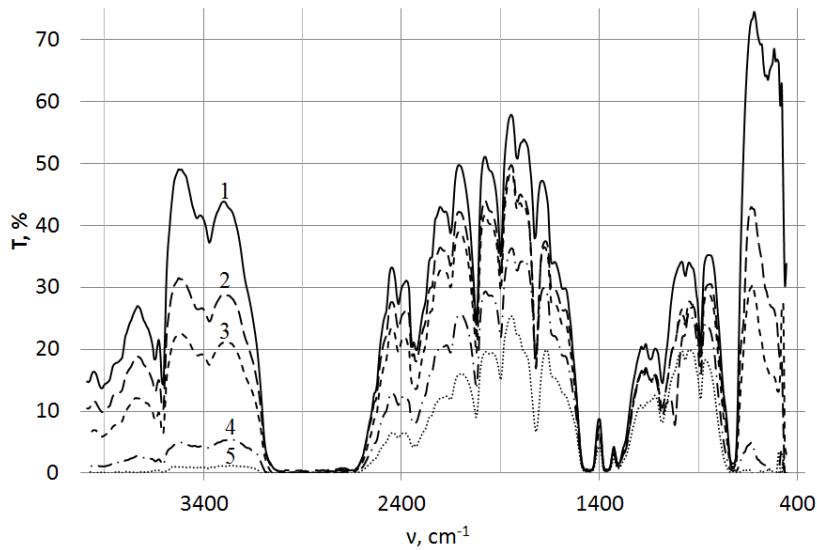


Рис. 2 – ИК спектры пропускания облученных электронами ($E=30\text{ кэВ}$, $\Phi=3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, $P=2 \cdot 10^{-6} \text{ тор}$, $T=300\text{K}$) образцов полиэтилена исходного (1) и модифицированного наночастицами ZrO₂ различной концентрации, масс.%: 2 – 0.5, 3 – 1, 4 – 3, 5 – 5

Для анализа влияния модификации и последующего облучения на ИК-спектры были взяты следующие ранее индицированные полосы [2; 3]. Полоса при 524 см⁻¹, обусловленная слабыми маятниковыми колебаниями

CH₂-групп. Полоса при 871 см⁻¹, определяемая вибрацией метиленовых CH₂-групп. Полоса при 1628 см⁻¹, обусловленная карбонильными группами и абсорбцией C=CH-CO-OH групп. Полоса при 1890 см⁻¹, определяемая абсорбцией -CCH₃-CH₂-CO-CH₃ групп. Полоса при 2253 см⁻¹, обусловленная растяжением нитридных групп и полоса при 3341 см⁻¹ обусловлена образованием карбонильной группы C=O и гидроксильной группы OH.

Уменьшение интенсивности полос поглощения при 524, 671, 1628, 1890, 2253 и 3341 см⁻¹ свидетельствует от том, что при введении наночастиц концентрация CH₂-групп, C-CH₃-групп, C=CH-CO-OH, абсорбция -CCH₃-CH₂-CO-CH₃ группы C=O и гидроксильной группы OH уменьшаются. Эти группы или радикалы существуют в ПЭ до модифицирования, и хорошо регистрируются в ИК-спектрах поглощения. Уменьшение их концентрации в модифицированных образцах может быть обусловлено тем, что в процессе модифицирования происходит взаимодействие этих групп с ненасыщенными связями наночастиц. В зависимости от концентрации наночастиц, судя по интенсивности этих полос, они частично или полностью исчезают. При этом образуются комплексы различной структуры.

Концентрация этих групп в не модифицированном и модифицированных образцах столь велика, что если они и образуются при облучении, то их количество существенно меньше по сравнению с количеством до облучения. Поэтому в ИК-спектрах такая небольшая добавка не обнаруживается.

В ИК-спектрах полиэтилена могут также проявляться и другие полосы поглощения, обусловленные колебаниями различных групп [4]: маятниковыми колебаниями CH₂-групп (620 см⁻¹), деформационными колебаниями CH₃-групп (1380 см⁻¹) и алифатических CH₂-групп (1470 см⁻¹), валентными симметричными колебаниями алифатических CH₂-групп(2840 см⁻¹) и CH₃-групп (2880 см⁻¹), валентными асимметричными колебаниями алифатических CH₂-групп (2920 см⁻¹) и CH₃-групп (2950 см⁻¹). В исследуемых образцах полиэтилена их полосы поглощения не регистрируются.

Добавление наночастиц приводит к уменьшению пропускной способности в ИК области вплоть до нуля (при концентрации наночастиц 5 масс.%) во всем исследуемом диапазоне. При облучении образцов потоком электронов с энергией 30 кэВ наблюдается незначительное уменьшение пропускания, от 0,1 до 0,5% (в зависимости от концентрации наночастиц).

Список литературы

1. Дехант И. Инфракрасная спектроскопия полимеров / И. Дехант, Р. Данц, В. Киммер [и др.]. – М.: Химия, 1976. – 472 с.
2. Wieslawa U.D. The Use of the Spectrometric Technique FTIR-ATR to Examine the Polymers Surface. – Poland, Technical University of Lodz, Department of Material and Commodity Sciences and Textile Metrology, 2012. – 104 p.
3. Andreassen E. Infrared and Raman spectroscopy of polypropylene. – Polypropylene: An A-Z reference, 2013. – pp. 320–328.
4. Купцов, А.Х. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. – М.: Техносфера, 2013. – 696 с.