

Студ. Д.Н. Черепко

Науч. рук. проф. Э.Т. Крутько

(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕРМОСТОЙКИЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Развитие техники требует создания все более тепло- и термостойких материалов [1–4]. Обычно термостойкими считают полимеры, физические и эксплуатационные свойства которых начинают заметно меняться лишь при температурах выше 250–300 °C. К числу термостойких полимеров относят некоторые карбоцепные полимеры (фторопласти, полифенилены, поли-*p*-ксилиены), гетероцепные и гетероциклические, ароматические полимеры (полигетероарилены), многие представители полиарилатов, ароматические полиамиды, полииимида, элементоорганическое полимеры. Особую группу термостойких полимеров составляют полимеры со сравнительно невысокой собственной термостойкостью, образующие при нагревании вторичные полимерные структуры, что обеспечивает эксплуатацию изделий на их основе при повышенных температурах. Получение значительного числа термостойких полимеров стало возможным благодаря разработке новых методов и способов их синтеза (полициклоконденсации, полициклотримеризации, низкотемпературной поликонденсации и др.). Термостойкие полимеры получают указанными способами из термически стойких мономеров, термически нестабильных полимеров, циклизацией линейных полимеров или их сшиванием. Стадию сшивания часто используют в случае получения неплавких и нерастворимых термостойких полимеров. Термостойкость полимеров определяется энергией резонанса гетероцикла, сопряжением гетеро- и карбоциклических колец, а также содержанием в макромолекулах карбоциклических циклов и групп, создающих циклы. В этой связи термостойкие полимеры можно разделить на три основные группы:

Первая – полигетероцепные полимеры, в которых ароматические звенья различного строения соединены между собой линейными связями или группами

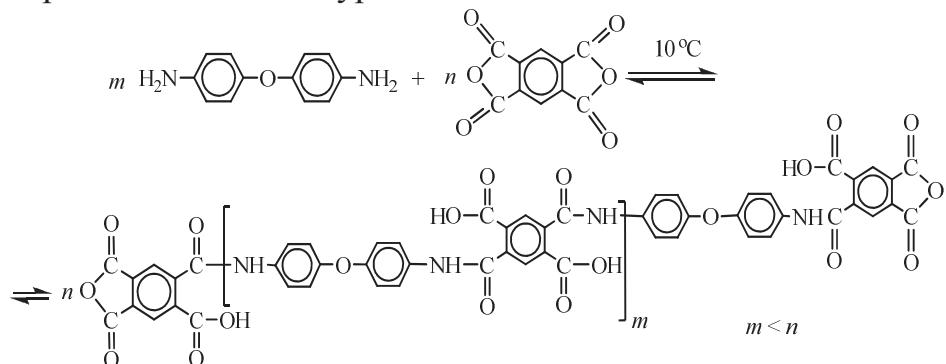
Вторая – полигетероциклические системы, в которых ароматические звенья в полимерной цепи разделены пяти- или шестичленными гетероциклами.

Третья – полимеры лестничного или полуле斯顿ичного строения, в которых ароматический фрагмент в полимерной цепи соединены сложной последовательностью простых и двойных связей.

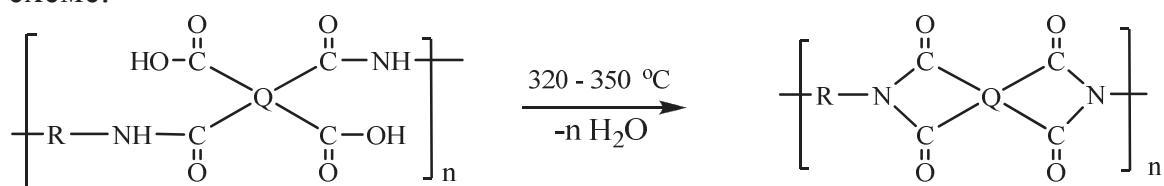
Представителями второй группы являются полиимиды [1-4] – синтетические термостойкие полимеры, содержащие в макромолекуле имидные группы. Важнейший представитель ароматических полиимидов – поли-4,4'-дифениленоксидпиромеллит-имид. Среди алифатических полиимидов, на примере полиалканимидов, наибольшее значение имеют полиимиды, получаемые на основе алифатических диаминов, содержащих не менее 9 атомов углерода в линейной цепи; к ним относится, например, поли-1,12-додекаметиленпиромеллитимид. Полиалканимиды – термопластичные термостойкие полимеры с хорошими литьевыми свойствами, выдерживающие температурные нагрузки до 250–270 °C.

Для синтеза ароматических полиимидов используют двухстадийную схему. На первой стадии получают растворимые полиамидокислоты. В реакции используется амидный растворитель диметилформамид, диметилацетамид, диметилсульфоксид. На второй стадии в процессе ступенчатого нагревания до 300 °C сформованного изделия происходит твердофазная циклодегидратация (имидация) полиамидокислоты в полиимид.

Схема реакции первой стадии синтеза с получением полиамидокислоты из 4,4'-диаминодифенилоксида и пиромеллитового диангидрида описывается уравнением:



Иногда имидизацию полиамидокислот (2-ая стадия синтеза линейных полиимидов), протекающую термическим способом по схеме:



проводят под действием химических дегидратирующих реагентов (уксусного ангидрида) в присутствии катализаторов третичных аминов (пиридина, триэтиламина или их смеси).

Для синтеза растворимых и термопластичных полиимидов используют одностадийную схему: полиамидокислоту не выделяют, а к её раствору добавляют ароматический углеводород и при нагревании раствора удаляют выделяющуюся при циклизации полиамидокислоты воду азеотропной отгонки.

Кремнийорганические полимеры – это соединения, содержащие цепочку атомов  $-\text{Si}=\text{O}-\text{Si}=\text{O}-$ , модифицированную различными органическими группами. Кремнийорганические полимеры подразделяются на линейные, разветвленные, лестничные, сшитые. Серьезным преимуществом силоксановых эластомерных материалов является морозостойкость, а также способность длительно сохранять высокие эксплуатационные свойства при длительном воздействии агрессивных сред и высоких температур. Высокая термостойкость кремнийорганических полимеров объясняется, прежде всего, высокой энергией связи Si–O и спиралевидной структурой кремний органических соединений.

Благодаря уникальному сочетанию эксплуатационных свойств на основе этих полимеров получают практически все виды технических материалов, способных к длительной работе в технических устройствах, в условиях повышенных температур и уровней радиации.

Поэтому одной из основных задач, стоящих на сегодняшний день перед химикиами-синтетиками в области высокомолекулярных соединений, является разработка и исследование полимеров нового поколения с уникальным комплексом свойств, расширяющих ассортимент полимерных материалов, пригодных для использования в современных отраслях новой техники, в том числе и в микроэлектронике.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полиимиды – новый класс термостойких полимеров / Н.А. Адрова [и др.]; под общ. ред. М.М. Котона. – Л.: Наука, 1968. – 212 с.
2. Полиимиды – класс термостойких полимеров / М.И. Бессонов [и др.]; под общ. ред. М.И. Бессонова. – Л.: Наука, 1983. – 308 с.
3. Бюллер, К.У. Тепло- и термостойкие полимеры / К.У. Бюллер – М.: Химия, 1984. – 530 с.
4. Полиимиды. Синтез, свойства, применение / Э.Т. Крутько [и др.]; под общ. ред. Н.Р. Прокопчука. – Минск: БГТУ, 2002. – 303.