



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107118313 A

(43)申请公布日 2017.09.01

(21)申请号 201710334843.9 *C08G 18/48*(2006.01)

(22)申请日 2017.05.12 *C08G 18/42*(2006.01)

(71)申请人 浙江工业大学之江学院 *C08G 18/73*(2006.01)

地址 312000 浙江省绍兴市柯桥区柯桥街  
道柯华路958号 *C08G 18/62*(2006.01)

(72)发明人 张军瑞 蒋国军 赵正平 俞卫华

(74)专利代理机构 上海精晟知识产权代理有限  
公司 31253

代理人 冯子玲

(51)Int.Cl.

*C08F 290/06*(2006.01)

*C08F 220/18*(2006.01)

*C08F 220/14*(2006.01)

*C08F 220/34*(2006.01)

*C08G 18/79*(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页

(54)发明名称

一种具有三重形状记忆效应聚合物及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种具有三重形状记忆效应聚合物及其制备方法,具有如下结构:(a)所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;(b)两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ;(c)所述聚合物可通过丙烯酸体系或者聚氨酯体系化学热交联制得。本发明制备的聚合物是一个含有两个明显相分离区域的交联结构,具有两个独立的临时形状的固定和恢复的三重形状记忆效应,且两相转变温度可以在很大范围内进行自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形。

1. 一种具有三重形状记忆效应聚合物,其特征在於,具有如下结构:(a)所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;(b)两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ;(c)所述聚合物通过丙烯酸体系或者聚氨酯体系化学热交联制得。

2. 一种如权利要求1所述的具有三重形状记忆效应聚合物的制备方法,其特征在於,所述丙烯酸体系制备的具体步骤为:通过结晶的聚乙二醇二丙烯酸酯或聚己内酯二丙烯酸酯与丙烯酸单体在引发剂作用下采用无溶剂体系通过密闭加热工艺制备;其中所述聚合物体系中聚乙二醇二丙烯酸酯或聚己内酯二丙烯酸酯链段区域为结晶相,丙烯酸单体聚合后形成的链段为无定型相,结晶相和无定型相具有明显的相分离,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ;

所述聚氨酯体系制备的具体步骤为:所述的聚氨酯体系内具有明显相分离的两相链段,所述两相链段具有如下三种表现形式分别为双结晶链段、双无定型链段、一相为结晶链段,另一相为无定型链段这三种形式,将两相链段在溶剂中使用小分子交联剂异氰酸酯和催化剂通过热化学交联制备。

3. 如权利要求2所述的一种具有三重形状记忆效应聚合物的制备方法,其特征在於,所述聚乙二醇二丙烯酸酯或聚己内酯二丙烯酸酯的平均分子量范围为1500到10000g/mol;所述丙烯酸单体采用丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸正丁酯、甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸二甲胺基乙酯、甲基丙烯酸异冰片酯、甲基丙烯酸、甲基丙烯酸环己酯、三环癸烷二甲醇二丙烯酸酯中的一种或多种;所述引发剂采用过氧化苯甲酰、偶氮二异丁腈、过氧化二异丙苯中的一种。

4. 如权利要求3所述的一种具有三重形状记忆效应聚合物的制备方法,其特征在於,所述的聚乙二醇二丙烯酸酯或聚己内酯二丙烯酸酯的平均分子量范围为3400到8000g/mol。

5. 如权利要求2所述的一种具有三重形状记忆效应聚合物的制备方法,其特征在於,所述的双结晶链段形式中结晶链为结晶的羟基聚醚或羟基聚酯中的任意两种,所述双结晶链段形式中结晶链段的平均分子量范围为1000到30000 g/mol;所述双无定型链段形式中无定型链段均为羟基丙烯酸树脂,且其具有不同玻璃化转变温度,所述双无定型链段形式中无定型链段的平均分子量范围为2000到50000 g/mol;所述的一相为结晶链段另一相为无定型链段形式中结晶链段为结晶的羟基聚醚或羟基聚酯中的一种,所述一相为结晶链段另一相为无定型链段形式中结晶链段的平均分子量范围为2500到10000 g/mol;所述一相为结晶链段另一相为无定型链段形式中无定型链段为羟基丙烯酸树脂中的一种,所述一相为结晶链段另一相为无定型链段形式中无定型链段的平均分子量范围为3000到20000 g/mol;所述溶剂为甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、乙酸丁酯、环己酮中的一种或多种;所述异氰酸酯为六亚甲基二异氰酸酯、异佛尔酮二异氰酸酯、六亚甲基二异氰酸酯三聚体、六亚甲基二异氰酸酯缩二脲、异佛尔酮二异氰酸酯三聚体中的一种或多种;所述催化剂为二月桂酸二丁基锡。

6. 如权利要求5所述的一种具有三重形状记忆效应聚合物的制备方法,其特征在於,所述双结晶链段形式中结晶链段的平均分子量范围为1000到20000 g/mol;所述双无定型链段形式中无定型链段的平均分子量范围为3000到20000 g/mol。

7. 如权利要求5所述的一种具有三重形状记忆效应聚合物的制备方法,其特征在於,所

述的羟基聚醚采用聚乙二醇；所述的羟基聚酯采用聚己内酯二醇；所述的羟基丙烯酸树脂采用聚丙烯酸酯多元醇。

## 一种具有三重形状记忆效应聚合物及其制备方法

[0001]

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种形状记忆聚合物及其制备方法,更具体的涉及一种具有三重形状记忆效应聚合物及其制备方法。

### 背景技术

[0003] 形状记忆高分子材料是一种可以对其施加一定的程序使其记忆一个临时形状,当对其进行适当的外界刺激(如:温度、力、电磁、溶剂、pH等),可以恢复到原始形状的功能材料,其是高分子材料领域研究、开发和应用的一个新型分支点。此种材料由于其良好的响应功能,在智能材料或机敏材料中具有重要的应用价值,也被成为智能材料。常见的具有形状记忆的高分子材料是对温度刺激响应的材料,将其加热至热转变温度以上(如玻璃化转变温度或结晶熔融温度),同时施加一定的外力使其变形为一个临时形状,降温至热转变温度以下,此临时形状被固定,然后撤去外力;当将其重新加热至热转变温度以上时,其可以恢复到原始形状,此体系称之为双形状记忆聚合物体系(或双重形状记忆聚合物体系)。相应的,当高分子内部具有两个完全分开的热转变区域或具有单个较宽范围的热转变,它可以用来固定两个或多个临时形状,也即是可以实现三形状效应(或三重形状记忆效应)或多形状效应(或多重形状记忆效应)。以上体系在加热时可以恢复到原始形状,然而在冷却时却不能恢复其低温下的临时形状,称之为单向形状记忆聚合物体系。具有单向形状记忆效应的高分子材料形变简单,已得到了实际的应用,如:传感器、制动器、航空航天、生物医学等领域。

[0004] 三重形状记忆聚合物具有两个独立的临时形状的固定与恢复,与双重形状记忆聚合物相比,其更能满足复杂条件的要求,可以根据实际需要产生更复杂多样的变形,具有重要的应用前景。目前,三重形状记忆聚合物都是对温度响应的高分子体系,其体系内需至少含有两个具有明显相分离区域的多相网络结构,两个相分离区域都具有独立的热转变温度(玻璃化转变温度、熔点或液晶相的转变)。目前,三重形状记忆聚合物处于起步阶段,其研究主要集中在三重形状记忆高分子的合成和对其三重形状记忆效应的表征。CN200980143316.3涉及一种具有三重形状记忆效应的聚合物网络及其形状设计方法,其提出的具有三重形状记忆效应的聚合物是一种双晶相的交联网络结构,由星型聚合物构成第一晶相转化链段,星型聚合物为具有至少三个侧臂,且至少三个侧臂各具有一个末端的反应基团;由线性聚合物或星形聚合物构成第二晶相转化链段,线性聚合物需具有至少两个末端的反应基团,此体系可以实现三重形状记忆效应,但其制备使用的原材料极大的限制了三重形状记忆聚合物的范围。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是针对现有技术状况而提供一种具有三重形状记忆效应聚合物及

其制备方法。本发明采用体系内含有两个相分离区域的交联网络结构实现聚合物的三重形状记忆功能,体系内分离的两相具有独立的热转变温度,且两相热转变温度都可以在很大范围内自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形,此聚合物体系原材料选择多样,制备方法简单、易加工,可广泛应用于智能医疗器件、组织工程支架、纺织品和自动化组装系统及药物控制释放领域。

[0006] 一种具有三重形状记忆效应聚合物,具有如下结构:(a)所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;(b)两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ;(c)所述聚合物通过丙烯酸体系或者聚氨酯体系化学热交联制得。

[0007] 一种具有三重形状记忆效应聚合物的制备方法,所述的丙烯酸体系制备的具体合成步骤为:通过结晶的聚乙二醇二丙烯酸酯或聚己内酯二丙烯酸酯与丙烯酸单体在引发剂作用下采用无溶剂体系通过密闭加热工艺制备;其中所述聚合物体系中聚乙二醇二丙烯酸酯或聚己内酯二丙烯酸酯链段区域为结晶相,丙烯酸单体聚合后形成的链段为无定型相,结晶相和无定型相具有明显的相分离,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ;

所述的聚氨酯体系制备的具体合成步骤为:所述的聚氨酯体系内具有明显相分离的两相链段,所述两相链段具有如下三种表现形式分别为双结晶链段、双无定型链段、一相为结晶链段另一相为无定型链段这三种形式,将两相链段在溶剂中使用小分子交联剂异氰酸酯和催化剂通过热化学交联制备。

[0008] 所述聚乙二醇二丙烯酸酯或聚己内酯二丙烯酸酯的平均分子量范围为1500到10000g/mol;所述丙烯酸单体采用丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸正丁酯、甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸二甲氨基乙酯、甲基丙烯酸异冰片酯、甲基丙烯酸、甲基丙烯酸环己酯、三环癸烷二甲醇二丙烯酸酯中的一种或多种;所述引发剂采用过氧化苯甲酰、偶氮二异丁腈、过氧化二异丙苯中的一种。

[0009] 所述的聚乙二醇二丙烯酸酯或聚己内酯二丙烯酸酯的平均分子量范围优选为3400到8000g/mol。

[0010] 所述的双结晶链段形式中结晶链为结晶的羟基聚醚或羟基聚酯中的任意两种,所述双结晶链段形式中结晶链段的平均分子量范围为1000到30000 g/mol;所述双无定型链段形式中无定型链段均为羟基丙烯酸树脂,且其具有不同玻璃化转变温度,所述双无定型链段形式中无定型链段的平均分子量范围为2000到50000 g/mol;所述的一相为结晶链段另一相为无定型链段形式中结晶链段为结晶的羟基聚醚或羟基聚酯中的一种,所述一相为结晶链段另一相为无定型链段形式中结晶链段的平均分子量范围为2500到10000 g/mol;所述一相为结晶链段另一相为无定型链段形式中无定型链段为羟基丙烯酸树脂中的一种,所述一相为结晶链段另一相为无定型链段形式中无定型链段的平均分子量范围为3000到20000 g/mol;所述溶剂为甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、乙酸丁酯、环己酮中的一种或多种;所述异氰酸酯为六亚甲基二异氰酸酯、异佛尔酮二异氰酸酯、六亚甲基二异氰酸酯三聚体、六亚甲基二异氰酸酯缩二脲、异佛尔酮二异氰酸酯三聚体中的一种或多种;所述催化剂为二月桂酸二丁基锡。

[0011] 所述双结晶链段形式中结晶链段的平均分子量范围优选为1000到20000 g/mol;所述双无定型链段形式中无定型链段的平均分子量范围优选为3000到20000 g/mol。

[0012] 所述的羟基聚酯优选采用聚乙二醇;所述的羟基聚酯优选采用聚己内酯二醇;所述的羟基丙烯酸树脂优选采用聚丙烯酸酯多元醇。

[0013] 本发明的有益效果为:利用本发明制备的聚合物是一个含有两个明显相分离区域的交联结构,具有两个独立的临时形状的固定和恢复的三重形状记忆效应,且两相转变温度可以在很大范围内进行自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形,原材料选择范围广,同时,制备方法简单、易加工,可广泛应用于智能医疗器件、组织工程支架、纺织品和自动化组装系统及药物控制释放领域。

## 具体实施方式

[0014] 以下结合实施例说明,但不限制本发明。

### [0015] 实施例1

本实施例的一种具有三重形状记忆效应聚合物,采用如下原料:聚乙二醇二丙烯酸酯(PEGDA):平均分子量6000g/mol,购于Sigma-aldrich公司;甲基丙烯酸环己酯(CMA)、甲基丙烯酸乙酯(EMA):购于Sigma-Aldrich公司;过氧化苯甲酰(BPO),购于阿拉丁试剂(上海)有限公司;

本实施例的制备方法为:采用无溶剂本体聚合制备,称取一定量的聚乙二醇二丙烯酸酯(PEGDA)和甲基丙烯酸环己酯(CMA)、甲基丙烯酸乙酯(EMA)(其中PEGDA/CMA/EMA的质量比为3:1:1),加入过氧化苯甲酰(其加入量为体系总质量的2.5%),将其在75℃溶解,搅拌均匀后倒入密封玻璃槽中,在100℃固化2~3h。得到的聚合物是一个含有结晶熔融温度(低温相)和玻璃化转变温度(高温相)的交联网络结构,其中结晶熔融温度为42℃,玻璃化转变温度为125℃。

[0016] 本实施例所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;其次两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。

[0017] 利用本实施例制备的聚合物是一个含有两个明显相分离区域的交联结构,具有两个独立的临时形状的固定和恢复的三重形状记忆效应,且两相转变温度可以在很大范围内进行自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形,原材料选择范围广,同时,制备方法简单、易加工,可广泛应用于智能医疗器件、组织工程支架、纺织品和自动化组装系统及药物控制释放领域。

### [0018] 实施例2

本实施例的一种具有三重形状记忆效应聚合物,采用如下原料:聚乙二醇二丙烯酸酯(PEGDA):平均分子量8000g/mol,购于Alfa Aesar公司;丙烯酸甲酯(MA)、甲基丙烯酸正丁酯(n-BMA)、甲基丙烯酸甲酯(MMA):购于Sigma-Aldrich公司;偶氮二异丁腈(AIBN),购于阿拉丁试剂(上海)有限公司;

本实施例的制备方法为:采用无溶剂本体聚合制备,称取一定量的聚乙二醇二丙烯酸酯和丙烯酸甲酯(MA)、甲基丙烯酸正丁酯(n-BMA)、甲基丙烯酸甲酯(MMA)(其中PEGDA/MA/n-BMA/MMA的质量比为5:2:2:0.5),加入过氧化苯甲酰(其加入量为体系总质量的2.5%),将其在75℃溶解,搅拌均匀后倒入密封玻璃槽中,在100℃固化2~3h。得到的聚合物是一个含有玻璃化转变温度(低温相)和结晶熔融温度(高温相)的交联网络结构,其中玻璃化转变

温度为25℃,结晶熔融温度为48℃。

[0019] 本实施例所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;其次两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。

[0020] 利用本实施例制备的聚合物是一个含有两个明显相分离区域的交联结构,具有两个独立的临时形状的固定和恢复的三重形状记忆效应,且两相转变温度可以在很大范围内进行自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形,原材料选择范围广,同时,制备方法简单、易加工,可广泛应用于智能医疗器件、组织工程支架、纺织品和自动化组装系统及药物控制释放领域。

#### [0021] 实施例3

本实施例的一种具有三重形状记忆效应聚合物,采用如下原料:聚己内酯二丙烯酸酯(PCLDA):平均分子量4000g/mol,购于Alfa Aesar公司;甲基丙烯酸二甲胺基乙酯(DMAEMA)、甲基丙烯酸异冰片酯(IBOMA)、甲基丙烯酸(MAA)、三环癸烷二甲醇二丙烯酸酯(TDD):购于Sigma-Aldrich公司;过氧化二异丙苯(DCP),购于阿拉丁试剂(上海)有限公司;

本实施例的制备方法为:采用无溶剂本体聚合制备,称取一定量的聚己内酯二丙烯酸酯和甲基丙烯酸二甲胺基乙酯(DMAEMA)、甲基丙烯酸异冰片酯(IBOMA)、甲基丙烯酸(MAA)、三环癸烷二甲醇二丙烯酸酯(TDD)(其中PCLDA/ DMAEMA / IBOMA / MAA/TDD的质量比为12:5:0.5:0.5:1),加入过氧化苯甲酰(其加入量为体系总质量的2.5%),将其在75℃溶解,搅拌均匀后倒入密封玻璃槽中,在100℃固化2~3h。得到的聚合物是一个含有结晶熔融温度(低温相)和玻璃化转变温度(高温相)的交联网络结构,其中结晶熔融温度为25℃,玻璃化转变温度为165℃。

[0022] 本实施例所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;其次两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。

[0023] 利用本实施例制备的聚合物是一个含有两个明显相分离区域的交联结构,具有两个独立的临时形状的固定和恢复的三重形状记忆效应,且两相转变温度可以在很大范围内进行自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形,原材料选择范围广,同时,制备方法简单、易加工,可广泛应用于智能医疗器件、组织工程支架、纺织品和自动化组装系统及药物控制释放领域。

#### [0024] 实施例4

本实施例的一种具有三重形状记忆效应聚合物,采用如下原料:聚乙二醇(PEG):平均分子量1500g/mol,购于阿拉丁试剂(上海)有限公司;聚己内酯二醇(PCL):平均分子量14000g/mol,购于Sigma-Aldrich公司;六亚甲基二异氰酸酯三聚体、二月桂酸二丁基锡、乙酸丁酯:购于阿拉丁试剂(上海)有限公司。(注:PEG是结晶的羟基聚醚,PCL是结晶的羟基聚酯,两个属于双结晶链段)

本实施例的制备方法为:采用溶剂聚合体系制备,称取一定量的聚乙二醇、聚己内酯二醇(其中聚乙二醇与聚己内酯二醇的质量比为5:1),并加入50%乙酸丁酯、1.0%二月桂酸二丁基锡,于75℃下搅拌混合均匀,随后加入六亚甲基二异氰酸酯三聚体(其中体系内多异氰酸酯和聚多元醇反应性基团的摩尔比为1.2:1),搅拌均匀后,倒入铝箔槽内并在80℃烘箱

中固化24h完成制备步骤。得到的聚合物是一个含有双结晶链段的交联网络结构,其中低温结晶熔融温度为20℃,玻璃化转变温度为45℃。

[0025] 本实施例所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;其次两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。

[0026] 利用本实施例制备的聚合物是一个含有两个明显相分离区域的交联结构,具有两个独立的临时形状的固定和恢复的三重形状记忆效应,且两相转变温度可以在很大范围内进行自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形,原材料选择范围广,同时,制备方法简单、易加工,可广泛应用于智能医疗器件、组织工程支架、纺织品和自动化组装系统及药物控制释放领域。

[0027] 实施例5

本实施例的一种具有三重形状记忆效应聚合物,采用如下原料:聚丙烯酸酯多元醇A(型号:AC1170):平均分子量2500g/mol,聚丙烯酸酯多元醇B(型号:ACR6580):平均分子量6000g/mol,均购于同德化工(佛山)有限公司;六亚甲基二异氰酸酯、二月桂酸二丁基锡、二甲苯、乙酸乙酯:购于阿拉丁试剂(上海)有限公司。(注:聚丙烯酸酯多元醇A和聚丙烯酸酯多元醇B均为非结晶链段,属于羟基丙烯酸树脂)

本实施例的制备方法为:采用溶剂聚合体系制备,称取一定量的聚丙烯酸酯多元醇A、聚丙烯酸酯多元醇B(其中A与B的质量比为3:1),并加入60%乙酸乙酯和二甲苯(乙酸乙酯和二甲苯的质量比为2:1)、1.0%二月桂酸二丁基锡,于75℃下搅拌混合均匀,随后加入六亚甲基二异氰酸酯(其中体系内异氰酸酯和聚丙烯酸酯多元醇反应性基团的摩尔比为1.2:1),搅拌均匀后,倒入铝箔槽内并在80℃烘箱中固化24h完成制备步骤。得到的聚合物是一个含有双无定型链段的交联网络结构,其中低温无定型链段的玻璃化转变温度为55℃,高温无定型链段的玻璃化转变温度为89℃。

[0028] 本实施例所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;其次两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。

[0029] 利用本实施例制备的聚合物是一个含有两个明显相分离区域的交联结构,具有两个独立的临时形状的固定和恢复的三重形状记忆效应,且两相转变温度可以在很大范围内进行自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形,原材料选择范围广,同时,制备方法简单、易加工,可广泛应用于智能医疗器件、组织工程支架、纺织品和自动化组装系统及药物控制释放领域。

[0030] 实施例6

本实施例的一种具有三重形状记忆效应聚合物,采用如下原料:聚乙二醇(PEG):平均分子量4000g/mol,购于阿拉丁试剂(上海)有限公司;聚丙烯酸酯多元醇B(型号:ACR6580):平均分子量6000g/mol,购于同德化工(佛山)有限公司;异佛尔酮二异氰酸酯三聚体、二月桂酸二丁基锡、甲苯、环己酮:购于阿拉丁试剂(上海)有限公司。(注:PEG为结晶链段,属于羟基聚醚;聚丙烯酸酯多元醇B为非结晶链段,属于羟基丙烯酸树脂)

本实施例的制备方法为:采用溶剂聚合体系制备,称取一定量的聚乙二醇、聚丙烯酸酯多元醇B(其中聚乙二醇与B的质量比为4:1),并加入40%环己酮和甲苯(环己酮和甲苯的质



量比为1:1)、1.0%二月桂酸二丁基锡,于75℃下搅拌混合均匀,随后加入异佛尔酮二异氰酸酯三聚体(其中体系内多异氰酸酯和聚多元醇反应性基团的摩尔比为1.2:1),搅拌均匀后,倒入铝箔槽内并在80℃烘箱中固化24h完成制备步骤。得到的聚合物是一个含有低温结晶链段和高温无定型链段的交联网络结构,其中低温无定型链段的玻璃化转变温度为35℃,高温无定型链段的玻璃化转变温度为87℃。

[0031] 本实施例所述聚合物是一种体系内含有两个相分离区域的交联网络结构,且相分离的两相具有独立的热转变温度;其次两相热转变温度能自由调控,且同一体系内两相热转变温度的差值 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。

[0032] 利用本实施例制备的聚合物是一个含有两个明显相分离区域的交联结构,具有两个独立的临时形状的固定和恢复的三重形状记忆效应,且两相转变温度可以在很大范围内进行自由调控,能够满足不同温度下复杂多样的变形,原材料选择范围广,同时,制备方法简单、易加工,可广泛应用于智能医疗器件、组织工程支架、纺织品和自动化组装系统及药物控制释放领域。