



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102691118 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 26

(21) 申请号 201110070859. 6

(22) 申请日 2011. 03. 23

(71) 申请人 香港理工大学
地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 胡金莲 孟庆浩

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理
有限公司 44217

代理人 郭伟刚

(51) Int. Cl.

D01D 5/24 (2006. 01)

D01F 6/78 (2006. 01)

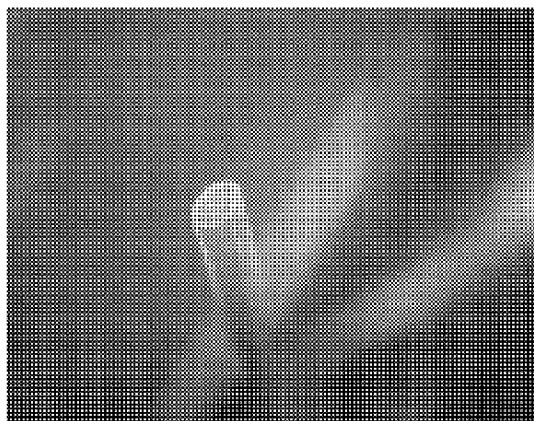
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

形状记忆中空纤维的制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种形状记忆中空纤维的制备方法,通过湿法纺丝、干法纺丝、熔体纺丝、反应纺丝、凝胶纺丝和复合纺丝技术,将形状记忆聚合物合成所述形状记忆中空纤维。所述形状记忆聚合物为形状记忆聚氨酯。所述形状记忆聚氨酯由三种起始原料合成:长链的多羟基化合物、二异氰酸酯和链增长剂,其中,所述二异氰酸酯和链增长剂作为硬片段,所述长链的多羟基化合物作为软片段。实施本发明提供的形状记忆中空纤维的制备方法,能够获得具有热刺激敏感性形状记忆聚合物,可用在热管理的智能纺织品、枕头填料、感觉舒适的床垫中。



1. 一种形状记忆中空纤维的制备方法,其特征在于,通过湿法纺丝、干法纺丝、熔体纺丝、反应纺丝、凝胶纺丝和复合纺丝技术,将形状记忆聚合物合成所述形状记忆中空纤维。

2. 根据权利要求 1 所述的制备方法,其特征在于,所述形状记忆聚合物至少包括以下物质中的一种:

多面低聚倍半硅氧烷、遥爪多面低聚倍半硅氧烷、聚乙二醇、聚乳酸-羟基乙酸-己内酯、聚酮乙醇、聚己内酯共聚低聚对二氧环己酮二醇、聚十六烯共聚丙烯、聚乙烯共聚甲基-1,3-环戊烷、降冰片基多面低聚倍半硅氧烷、聚氨(尼龙 66)共聚己内酯、聚酯共聚氧乙烯、尼龙 6 共聚乙烯、聚苯乙烯共聚丁二烯、聚氨酯嵌段共聚物、芳香族聚酰胺聚己内酯共混物、芳香族聚酰胺聚四氢呋喃共混物、聚偏氟乙烯聚醋酸乙烯酯共混物、聚乳酸聚醋酸乙烯酯共聚物、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚甲基丙烯酸乙酯、聚己内酰胺、聚己二酰己二胺、聚氨基十一酸、聚甲基丙烯酸甲酯、聚六亚甲基癸二酸、聚醋酸乙烯酯、聚甲基丙烯酸丁酯、聚甲基丙烯酸、聚异戊烯。

3. 根据权利要求 2 所述的制备方法,其特征在于,所述形状记忆聚合物为形状记忆聚氨酯。

4. 根据权利要求 3 所述的制备方法,其特征在于,所述形状记忆聚氨酯由三种起始原料合成:长链的多羟基化合物、二异氰酸酯和链增长剂,其中,所述二异氰酸酯和链增长剂作为硬片段,所述长链的多羟基化合物作为软片段。

5. 根据权利要求 3 所述的制备方法,其特征在于,所述形状记忆聚氨酯由交联的二异氰酸酯的两种多羟基化合物合成,其中,具有高热转换的一种多羟基化合物作为硬片段,另一种多羟基化合物作为软片段。

6. 根据权利要求 4 或 5 所述的制备方法,其特征在于,所述多羟基化合物至少包括以下物质中的一种:

聚乙二醇壬二酸酯、聚己内酯、聚乙烯己二酸、聚四氢呋喃、聚丁烯己二酸酯、聚环氧丙烷、聚乳酸、聚己内酯苯氧基共混物、聚氯乙烯。

7. 根据权利要求 6 所述的制备方法,其特征在于,所述多羟基化合物的分子量在 500 到 30000 之间。

8. 根据权利要求 4 或 5 所述的制备方法,其特征在于,所述二异氰酸酯至少包括以下物质中的一种:

异佛尔酮二异氰酸酯、二环己基甲烷-4,4'-二异氰酸酯、1,6-己二异氰酸酯、脂环二异氰酸酯、双苯基甲烷二异氰酸酯、2,4-甲苯二异氰酸酯、四甲苯基二异氰酸酯。

9. 根据权利要求 4 或 5 所述的制备方法,其特征在于,所述链增长剂至少包括以下物质中的一种:

1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,2-乙二醇、1,6-己二醇、4,4'-二羟苯基-2,2'-二羟甲基丙酸、2-羟乙基对苯二酚、4,4'-双(2-羟基乙氧基)联苯、4,4'-双(6-羟基己氧基)联苯、双酚 A、氮-二(二羟基乙氧基)异烟胺、N-甲基二乙醇胺、双酚 A 乙氧基酯、1,2-二氨基乙烷、1,2-二氨基丙烷、多面体低聚倍半硅氧烷、N,N'-二(2-羟基乙氧基)异烟酰胺、N-甲基二乙醇胺、1,2-二氨基乙烷、1,2-二氨基丙烷。

10. 根据权利要求 4 或 5 所述的制备方法,其特征在于,所述聚氨酯由叔醇 tertiary ethanol 或者叔胺(tertiary amine)在溶剂中交联合成,所述叔醇或叔胺至少包括以下物

质中的一种：

三甲基丙烷、丙三醇、1, 2, 6- 己基三醇、三羟甲基乙烷、季戊四醇、戊烷 -1, 2, 3, 4, 5- 五烷、甘露醇、蔗糖、二乙烯三胺；

所述溶剂至少包括以下物质中的一种：

N, N- 二甲基甲酰胺、二甲基甲酰胺、N, N- 二甲基乙酰胺、1- 甲基 -2- 吡咯烷酮、甲基亚砷。

形状记忆中空纤维的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及形状记忆中空纤维的制备方法,尤其涉及一种具有刺激敏感性内径的形状记忆中空纤维及其制备方法。

背景技术

[0002] 热刺激敏感性形状记忆聚合物与传统聚合物不同在于:首先,它们具有物理交联或化学交联的结构,该结构在高温下稳定聚合物;第二,在室温附近或略高于室温的低温下,其可控的热转换作为形状开关。受控的热转换温度是开关温度(T_{trans}),其可能是玻璃化温度(T_g)或熔化温度(T_m)。当形状记忆纤维变形时,变形后的形状可在低于开关温度时固定。当聚合物被再次加热到高于开关温度时,由于熵弹性而恢复原始的未变形的形状,该过程是可逆的。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术制备形状记忆中空纤维不具有热刺激敏感性内径的缺陷,提供一种制备具有热刺激敏感性内径的形状记忆中空纤维。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:提供一种形状记忆中空纤维的制备方法,通过湿法纺丝、干法纺丝、熔体纺丝、反应纺丝、凝胶纺丝和复合纺丝技术,将形状记忆聚合物合成所述形状记忆中空纤维。

[0005] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述形状记忆聚合物至少包括以下物质中的一种:

[0006] 多面低聚倍半硅氧烷、遥爪多面低聚倍半硅氧烷、聚乙二醇、聚乳酸-羟基乙酸-己内酯、聚酮乙醇、聚己内酯共聚低聚对二氧环己酮二醇、聚十六烯共聚丙烯、聚乙烯共聚甲基-1,3-环戊烷、降冰片基多面低聚倍半硅氧烷、聚氨(尼龙66)共聚己内酯、聚酯共聚氧乙烯、尼龙6共聚乙烯、聚苯乙烯共聚丁二烯、聚氨酯嵌段共聚物、芳香族聚酰胺聚己内酯共混物、芳香族聚酰胺聚四氢呋喃共混物、聚偏氟乙烯聚醋酸乙烯酯共混物、聚乳酸聚醋酸乙烯酯共聚物、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚甲基丙烯酸乙酯、聚己内酰胺、聚己二酰己二胺、聚氨基十一酸、聚甲基丙烯酸甲酯、聚六亚甲基葵二酸、聚醋酸乙酯、聚甲基丙烯酸丁酯、聚甲基丙烯酸、聚异戊烯。

[0007] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述形状记忆聚合物为形状记忆聚氨酯。

[0008] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述形状记忆聚氨酯由三种起始原料合成:长链的多羟基化合物、二异氰酸酯和链增长剂,其中,所述二异氰酸酯和链增长剂作为硬片段,所述长链的多羟基化合物作为软片段。

[0009] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述形状记忆聚氨酯由交联的二异氰酸酯的两种多羟基化合物合成,其中,具有高热转换的一种多羟基化合物作为硬片段,另一种多羟基化合物作为软片段。

[0010] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述多羟基化合物至少包括以下物质中的一种:

[0011] 聚乙二醇壬二酸酯、聚己内酯、聚乙烯己二酸、聚四氢呋喃、聚丁烯己二酸酯、聚环氧丙烷、聚乳酸、聚己内酯苯氧基共混物、聚氯乙烯。

[0012] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述多羟基化合物的分子量在 500 到 30000 之间。

[0013] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述二异氰酸酯至少包括以下物质中的一种:

[0014] 异佛尔酮二异氰酸酯、二环己基甲烷-4,4'-二异氰酸酯、1,6-己二异氰酸酯、脂环二异氰酸酯、双苯基甲烷二异氰酸酯、2,4-甲苯二异氰酸酯、四甲苯基二异氰酸酯。

[0015] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述链增长剂至少包括以下物质中的一种:

[0016] 1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,2-乙二醇、1,6-己二醇、4,4'-二羟苯基-2,2'-二羟甲基丙酸、2-羟乙基对苯二酚、4,4'-双(2-羟基乙氧基)联苯、4,4'-双(6-羟氧基己氧基)联苯、双酚 A、氮-二(二羟基乙氧基)异烟胺、N-甲基二乙醇胺、双酚 A 乙氧基酯、1,2-二氨基乙烷、1,2-二氨基丙烷、多面体低聚倍半硅氧烷、N,N-二(2-羟乙氧基)异烟酰胺、N-甲基二乙醇胺、1,2-二氨基乙烷、1,2-二氨基丙烷。

[0017] 在本发明所述的形状记忆中空纤维的制备方法中,所述聚氨酯由叔醇(tertiary ethanol)或者叔胺(tertiary amine)在溶剂中交联合成,所述叔醇或叔胺至少包括以下物质中的一种:

[0018] 三甲基丙烷、丙三醇、1,2,6-己基三醇、三羟甲基乙烷、季戊四醇、戊烷-1,2,3,4,5-五烷、甘露醇、蔗糖、二乙烯三胺;

[0019] 所述溶剂至少包括以下物质中的一种:

[0020] N,N-二甲基甲酰胺、二甲基甲酰胺、N,N-二甲基乙酰胺、1-甲基-2-吡咯烷酮、甲基亚砷。

附图说明

[0021] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0022] 图 1 是本发明制备具有刺激敏感性内径的智能中空纤维所采用的喷嘴喷丝头的横截面图;

[0023] 图 2 是本发明制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维的截面图;

[0024] 图 3a 是本发明制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维在常态下的横截面图;

[0025] 图 3b 是图 3a 中具有刺激敏感性内径的智能中空纤维在长度方向上拉伸后的横截面图;

[0026] 图 3c 是图 3b 中具有刺激敏感性内径的智能中空纤维加热恢复后的横截面图;

[0027] 图 4a 是本发明制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维在常态下的横截面图;

[0028] 图 4b 是图 4a 中具有刺激敏感性内径的智能中空纤维在横向方向上按压后的横截

面图；

[0029] 图 4c 是图 4b 中具有刺激敏感性内径的智能中空纤维加热恢复后的横截面图。

具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例对本发明进行进一步的详细说明。

[0031] 用于中空纤维的聚合物为具有形状记忆效应的热塑性嵌段共聚物、共混聚合物或热固性聚合物。对于热固性聚合物，在纺丝过程中或之后，通过利用单体或辐射来交联聚合物。形状记忆聚合物至少包括以下物质中的一种：

[0032] 多面低聚倍半硅氧烷 (polyhedral oligomeric silsesquioxanes)、遥爪多面低聚倍半硅氧烷 (telechelic of polyhedral oligomeric silsesquioxanes)、聚乙二醇 (polyethylene glycol)、聚乳酸-羟基乙酸-己内酯 (polylactide-co-poly(glycolide-co-caprolactone))、聚酮乙醇 (poly(ketone-co-alcohol))、聚己内酯共聚低聚对二氧环己酮二醇 (polycaprolactone-co-oligo(p-dioxanone) diol)、聚十六烯共聚丙烯 (poly(1-hexadecene)-co-polypropylene)、聚乙烯共聚甲基-1,3-环戊烷 (polyethylene-co-poly(methylene-1,3-cyclopentane))、降冰片基多面低聚倍半硅氧烷 (polyhedral oligomeric silsesquioxanes-co-norbornyl)、

[0033] 聚氨(尼龙 66) 共聚己内酯 (polyamide(nylon 6/6,6)-co-polycaprolactone)、聚酯共聚氧乙烯 (polyester-co-poly(ethylene oxide))、尼龙 6 共聚乙烯 (Nylon 6-co-polyethylene)、聚苯乙烯共聚丁二烯 (polystyrene-co-polybutadiene)、聚氨酯嵌段共聚物 (polyurethane block copolymer)、芳香族聚酰胺聚己内酯共混物 (aramid/polycaprolactone blends)、芳香族聚酰胺聚四氢呋喃共混物 (aramid/polytetrahydrofuran blends)、聚偏氟乙烯聚醋酸乙烯酯共混物 (polyvinylidene fluoride/polyvinyl acetate blends)、聚乳酸聚醋酸乙烯酯共聚物 (poly lactic acid/polyvinyl acetate blends)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (poly(ethylene terephthalate))、聚甲基丙烯酸乙酯 (poly(ethyl methacrylate))、聚己内酰胺 (polycaprolactone)、聚己二酰己二胺 (poly(hexamethylene adipamide))、聚氨基十一酸 (poly(ω -aminoundecanoic acid))、聚甲基丙烯酸甲酯 (poly(methyl methacrylate))、聚六亚甲基癸二酸 (poly(hexamethylene sebacamide))、聚醋酸乙烯酯 (poly(vinyl acetate))、聚甲基丙烯酸丁酯 (poly(n-butyl methacrylate))、聚甲基丙烯酸 (poly(methyl acrylate))、聚异戊烯 (polyisoprene)。

[0034] 用于刺激敏感性形状记忆中空纤维的最具代表性的形状记忆聚合物是形状记忆聚氨酯嵌段共聚物。形状记忆聚氨酯嵌段共聚物可以从三种起始原料合成：长链多羟基化合物、二异氰酸酯和链增长剂。二异氰酸酯和链增长剂形成硬片段，长链多羟基化合物形成软片段。另外，其也利用交联二异氰酸酯的两种多羟基化合物来合成，其中，具有高热转换的一种多羟基化合物作为硬片段，另一多羟基化合物作为软片段。多羟基化合物分子量在 500 到 30000 之间，至少包括以下物质中的一种：

[0035] 聚二乙二醇壬二酸酯 (poly(di(ethylene glycol)adipate))、聚己内酯 (polycaprolactone)、聚乙烯己二酸 (poly(ethylene adipate))、聚四氢呋喃

(poly(tetrahydrofuran))、聚丁烯己二酸酯 (poly(butylenes adipate))、聚环氧丙烷 (poly(propylene oxide))、聚乳酸 poly(lactic acid))、聚己内酯苯氧基共混物 (polycaprolactone/phenoxy blend)、聚氯乙烯 (polyvinylchloride)。

[0036] 二异氰酸酯至少包括以下物质中的一种：

[0037] 异佛尔酮二异氰酸酯 (isophorone diisocyanate)、二环己基甲烷-4,4'-二异氰酸酯 (4,4'-dicyclohexylmethane diisocyanate)、1,6-己二异氰酸酯 (1,6-hexamethylene diisocyanate)、脂环二异氰酸酯 (alicyclic diisocyanates)、双苯基甲烷二异氰酸酯 (diphenylmethane-4,4'-diisocyanate)、2,4-甲苯二异氰酸酯 (2,4-tolulene diisocyanate)、四甲苯基二异氰酸酯 (tetramethylxylene diisocyanate)。

[0038] 链增长剂至少包括以下物质中的一种：

[0039] 1,3-丙二醇 (1,3-propanediol)、1,4-丁二醇 (1,4-butanediol)、1,2-乙二醇 (1,2-ethanediol)、1,6-己二醇 (1,6-hexanediol)、4,4'-二羟基二苯基 (4,4'-dihydroxy biphenyl)、2,2'-二羟氧甲基丙酸 (2,2-bis(hydroxymethyl)propionic acid)、双(2-羟乙基)对苯二酚 (bis(2-hydroxyethyl)hydroquinone)、4,4'-双(2-羟基乙氧基)联苯 (4,4'-bis-(2-hydroxyethoxy)biphenyl (BEBP))、4,4'-双(6-羟基己氧基)联苯 (4,4'-bis-(6-hydroxyhexoxy)biphenyl)、双酚 A (bisphenol A)、氮-二(二羟基乙氧基)异烟胺 (N-bis(2-hydroxyethyl)-isonicotinamide)、N-甲基二乙醇胺 (N-methyldiethanolamine)、双酚 A 乙氧基酯 (bisphenol Aethoxylate)、1,2-二氨基乙烷 (1,2-diaminoethane)、1,2-二氨基丙烷 (1,2-diaminopropane)、多面体低聚倍半硅氧烷 (polyhedral oligomeric silsesquioxanes)、N,N-二(2-羟乙氧基)异烟酰胺 (N,N-dis(2-hydroxyethyl)-isonicotinamide)、N-甲基二乙醇胺 (N-methyldiethanolamine)、1,2-二氨基乙烷 (1,2-diaminoethane)、1,2-二氨基丙烷 (1,2-diaminopropane)。

[0040] 所述聚氨酯由叔醇 tertiary ethanol 或者叔胺 (tertiary amine) 在溶剂中交联合成,所述叔醇或叔胺至少包括以下物质中的一种：

[0041] 三甲基丙烷 (Trimethylolpropane)、丙三醇 (dlycerin)、1,2,6-己基三醇 (1,2,6-hexanetriol)、三羟甲基乙烷 (Trimethylolthane)、季戊四醇 (pentaerythritol)、戊烷-1,2,3,4,5-五醇 (pentane-1,2,3,4,5-pentol)、甘露醇 (mannitol)、蔗糖 (sucrose)、二乙烯三胺 (diethylene triamine)；

[0042] 所述溶剂至少包括以下物质中的一种：

[0043] N,N-二甲基甲酰胺 (N,N-dimethylformamide (DMF))、二甲基甲酰胺 (Dimethylformamide)、N,N-二甲基乙酰胺 (N,N-dimethylacetamide)、1-甲基-2-吡咯烷酮 (1-methyl-2-pyrrolidinane)、甲基亚砜 (methyl sulfoxide)。

[0044] 之后,处理刺激敏感性形状记忆聚合物以生产形状记忆中空纤维。纺丝技术包括：湿法纺丝、干法纺丝、熔体纺丝、反应纺丝、凝胶纺丝和复合纺丝。在湿法纺丝中,聚合物溶解在合适的溶剂中。调整溶液中的固相含量为 20 ~ 35wt%,粘度为 50 到约 150Pa. S。加热纺丝溶液,如有需要维持在适当的温度。将中空纤维喷丝头浸入合适的凝固浴中,中空纤维被挤出到该凝固浴中。在干法纺丝中,聚合物以 25 ~ 40wt%的固相含量溶解到挥发性溶剂中。聚合物溶液通过中空纤维喷丝头挤出。在纤维被大量喷出喷丝头后,热空气用于蒸发溶剂。在熔体纺丝中,刺激敏感性聚合物被熔化,并通过中空纤维喷丝头挤出,通过冷却

固化。在凝胶纺丝中,聚合物链在液晶形式中在不同的点结合在一起。该过程可产生具有高机械强度的刺激敏感性纤维,因为具有强的链内力。在反应纺丝中,化学交联发生于纺丝过程中的凝固浴或特殊单体浴中。另外,交联可通过高能辐射发生。预成形的纤维可首先浸到光敏剂和交联剂的溶液中。辐射源可以是等离子体、UV、电子束和元素放射性射线。为了更多特殊的性质,刺激敏感性中空纤维也可通过复合纺丝来制备。两种或多种熔体(至少其中一种是刺激敏感性聚合物)被分开到纺丝组件或喷丝头的细管,并通过细管挤出来制备形状记忆纤维。

[0045] 为了得到全面的机械性和高的尺寸稳定性,对刺激敏感性纤维进行后拉伸和热处理(post draw and heat)处理。制备的形状记忆中空纤维具有大于0.9cN/dtex的拉伸强度和50~500%的断裂伸长率。利用带有热箱的Instro 4466测量,形状稳定恢复率达到80%,形状回复率高于85%。开关转换温度可在室温到100℃的范围内任意选择。

[0046] 以下是三个具体实施例。

[0047] 实施例1

[0048] 首先,通过常规熔融纺丝方法,制备聚乙烯中空纤维。然后,将该聚乙烯中空纤维密封,并置于辐射室中。利用乙炔等离子体处理该聚乙烯中空纤维。当辐射度达到100kGy之后,取出该聚乙烯中空纤维。经检测,该聚乙烯中空纤维的形状恢复率为99%。

[0049] 实施例2

[0050] 首先,通过常规熔融纺丝工艺,制备聚乙烯中空纤维。然后,将该聚乙烯中空纤维浸入光敏剂(二苯甲酮及衍生物,1.0wt%),以及二甲苯的交联物(丙烯酸酯,20wt%)溶液中20分钟。在此之后,将该聚乙烯中空纤维密封在密封容器中,并抽至 6.5×10^{-2} Pa的真空状态。再将高纯氮填充进该密封容器中。利用紫外线辐射该聚乙烯中空纤维。紫外线的平均辐射强度为0.3J/cm²。辐射之后,将该聚乙烯中空纤维置于90℃的真空炉中退火1个小时。经测试表明,最终得到的聚乙烯中空纤维,其内径具有明显的热敏感性。

[0051] 实施例3

[0052] 将聚(丁二醇,己二酸)作为软片段,甘油和二异氰酸酯作为硬片段,制备聚氨酯预聚物。纺丝浴处理乙烯二胺与二乙烯三胺。最终淬火介质为二胺溶液。纺丝速度为50m/min。所制备的中空纤维具有大于90%的恢复率,韧度为0.12cN/dtex,以及大于200%的断裂延伸率。

[0053] 请参阅图1,为本发明制备具有刺激敏感性内径的智能中空纤维所采用的喷嘴喷丝头的横截面图。如图1所示,该喷嘴喷丝头的横截面为具有缺口的环形。该环形的外径为1.00毫米,内径为0.80毫米。该环形上设有四个大小均为0.10的缺口,四个缺口所处位置正好位于正方形的四个角上。

[0054] 请参阅图2,为本发明制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维的横截面图。如图2所示,该具有刺激敏感性内径的智能中空纤维为管状结构。

[0055] 经过测试可以得知,所制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维的韧度约为1.14cN/dtex,断裂伸长率为682%。所制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维的形状稳定度为87%,恢复度为89%。

[0056] 请参阅图3a,为本发明制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维在常态下的横截面图;请参阅图3b,为图3a中具有刺激敏感性内径的智能中空纤维在长度方向上拉伸后

的横截面图；请参阅图 3c，为图 3b 中具有刺激敏感性内径的智能中空纤维加热恢复后的横截面图。如图 3a、图 3b、图 3c 所示，本发明制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维，在常态下经过长度方向上拉伸后，其内径明显变小，再将其加热到软片段的融化点温度，其内径又恢复到原来在常态下的内径。

[0057] 请参阅图 4a，为本发明制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维在常态下的横截面图；请参阅图 4b，为图 4a 中具有刺激敏感性内径的智能中空纤维在横向方向上按压后的横截面图；请参阅图 4c，为图 4b 中具有刺激敏感性内径的智能中空纤维加热恢复后的横截面图。如图 4a、图 4b、图 4c 所示，本发明制备的具有刺激敏感性内径的智能中空纤维，在常态下经过横向方向上按压后，其内径几乎消失，再将其加热到软片段的融化点温度，其内径又恢复到原来在常态下的内径。

[0058] 由于刺激敏感性中空纤维与刺激敏感性圆柱纤维相比具有多种特殊的性质，它们可有多种应用。首先，中空纤维内径的变化会影响产品的物理性质。若该种纤维用于织物，织物的热敏感性热转移会依环境和身体温度改变。其次，中空纤维可作为枕头填料、床垫，它们适应身体轮廓以使人更加舒适。如果不在使用，一段时间后，它们回复原始形状。

[0059] 另外，在通过合适的方法整合导电成分、磁性颗粒或高吸湿材料后，这些纤维可以变得电激活、红外线激活、磁激活或湿度（水）激活。如果碳纳米管被整合进聚合物中，可以制备导电的智能聚合物中空纤维。在电路应用中，由于焦耳热增加的温度，中空纤维可表现出电激活的形状记忆效应。光敏感性中空纤维也可以通过利用光或激光器来提高材料温度到形状转换温度以上来得到。热吸收可通过整合碳黑和碳纳米管等填充物到智能聚合物中来增强。磁敏感性中空纤维可通过整合含铁和铁磁材料到聚合物中。为获得高的磁敏感性，聚合物应具有低的弹性模数和高的起始磁化率，以及高的饱和磁化强度。水反应性形状记忆行为可通过整合水溶性成分到聚合物中来获得。中空纤维的水敏感性形状记忆效应是由于水溶性成分在水中或高温环境中的溶解。具有多敏感性内径的中空纤维可有多种应用，例如智能过滤、智能纺织品和衣物、高性能传感器、致动器、体内或体外的药物的受控释放和液体传输。

[0060] 以上所述仅为本发明的具有代表性的实施例，不以任何方式限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换或改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

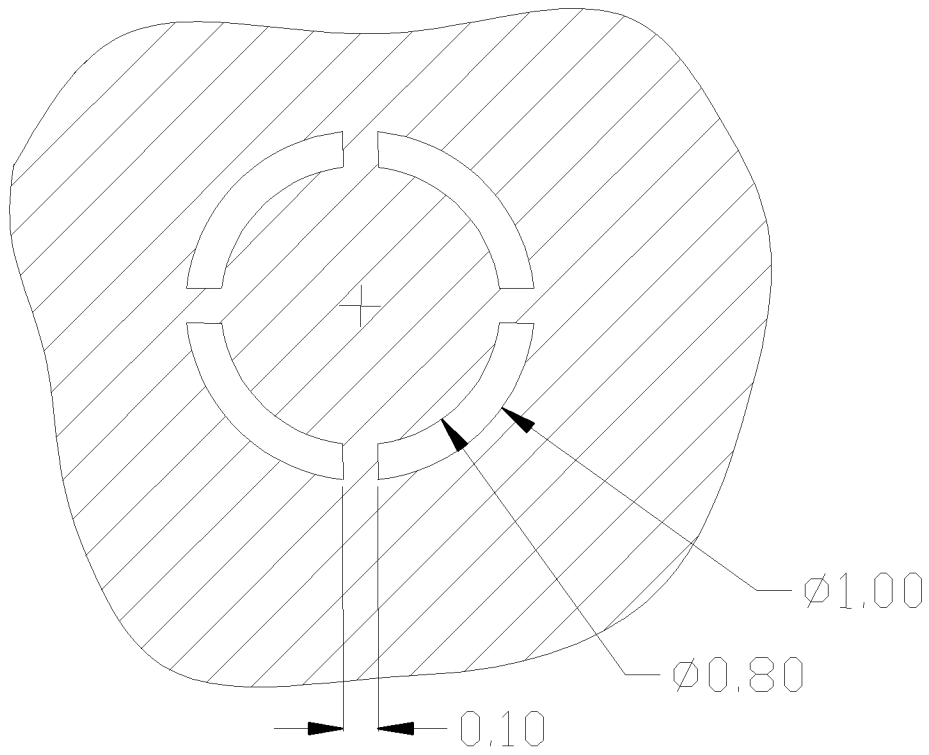


图 1

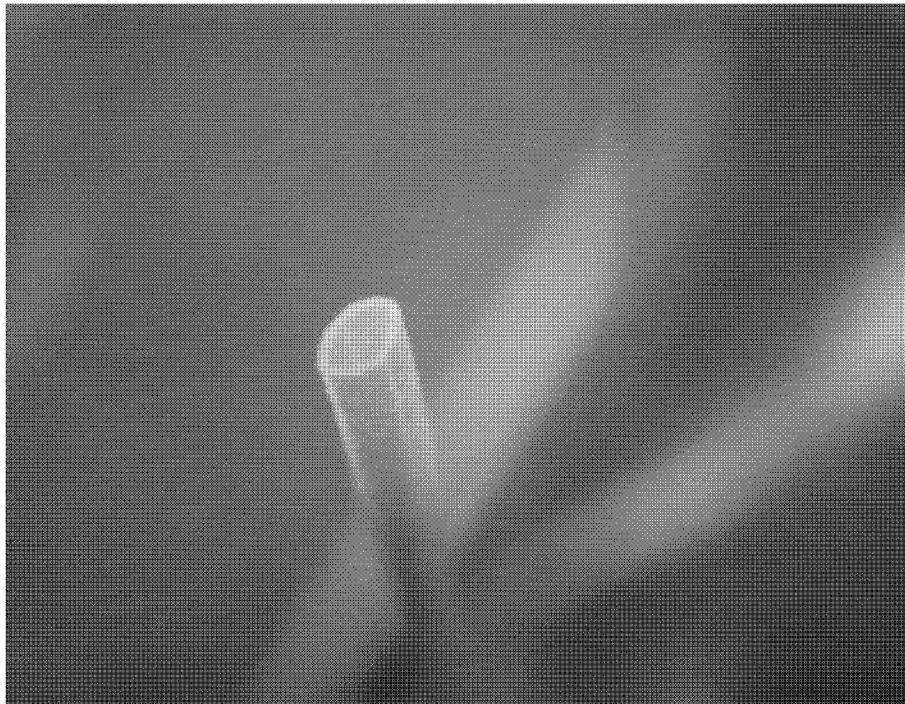


图 2

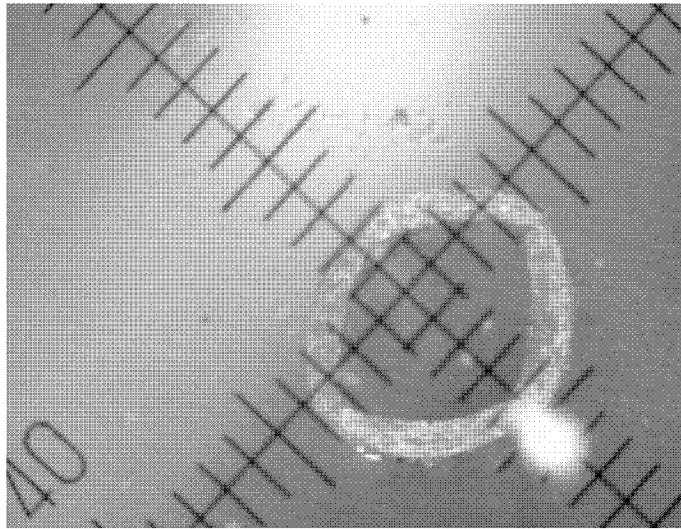


图 3a

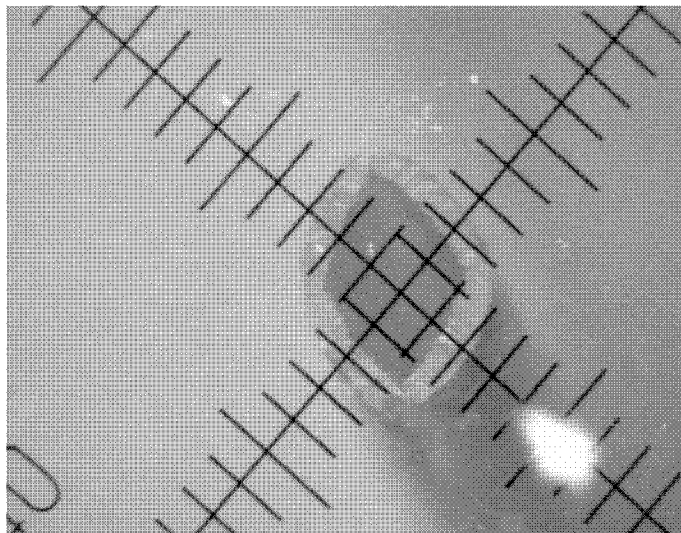


图 3b

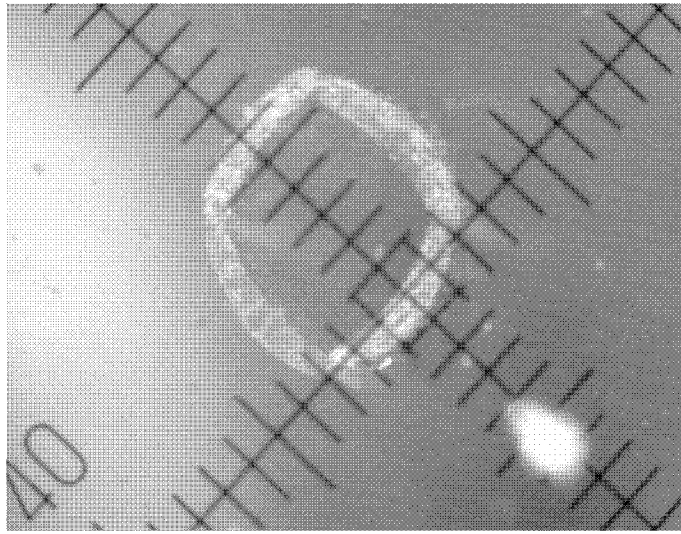


图 3c

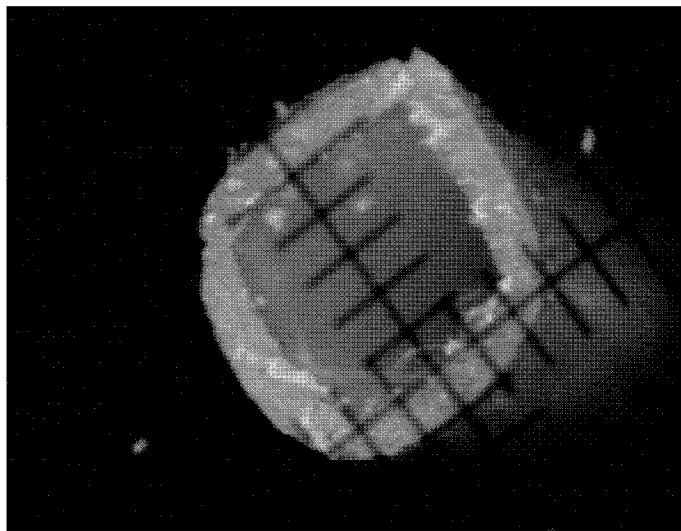


图 4a

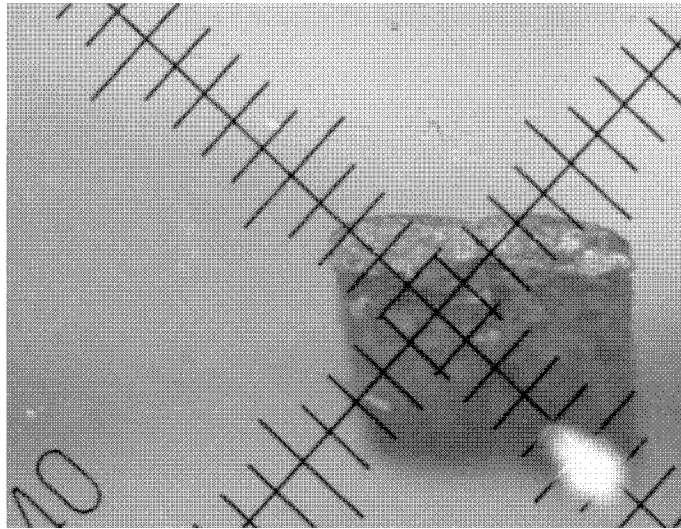


图 4b

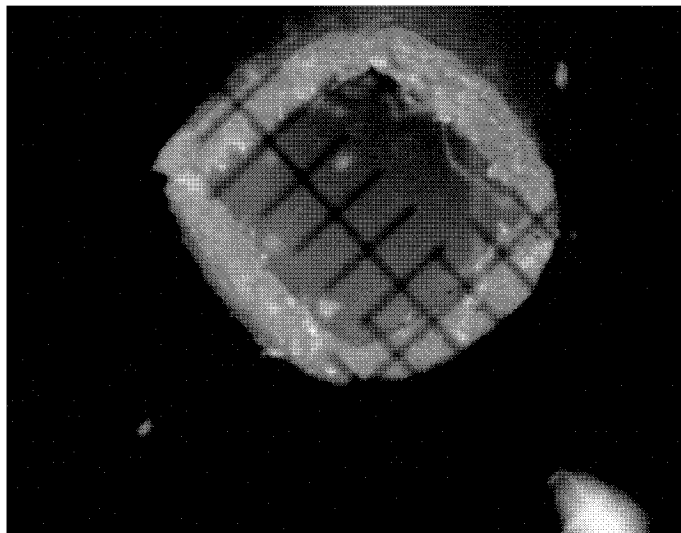


图 4c