



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118418552 B

(45) 授权公告日 2024.08.30

(21) 申请号 202410883549.3
 (22) 申请日 2024.07.03
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 118418552 A
 (43) 申请公布日 2024.08.02
 (73) 专利权人 安徽紫金新材料科技股份有限公司
 地址 234000 安徽省宿州市经济开发区金环路96号
 (72) 发明人 朱雷 接正纲 陈二成 康鹏
 杨冰 徐涛 吴亮
 (74) 专利代理机构 合肥左心专利代理事务所
 (普通合伙) 34152
 专利代理师 陈安珍

(51) Int.Cl.
 B32B 27/32 (2006.01)
 C08J 5/18 (2006.01)
 C08L 23/06 (2006.01)
 C08L 1/08 (2006.01)
 C08L 23/08 (2006.01)
 B29C 55/28 (2006.01)
 B32B 27/08 (2006.01)
 B32B 27/18 (2006.01)
 B32B 27/06 (2006.01)
 B65D 65/40 (2006.01)

(56) 对比文件
 CN 114806539 A, 2022.07.29
 CN 108779183 A, 2018.11.09
 审查员 李杰

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

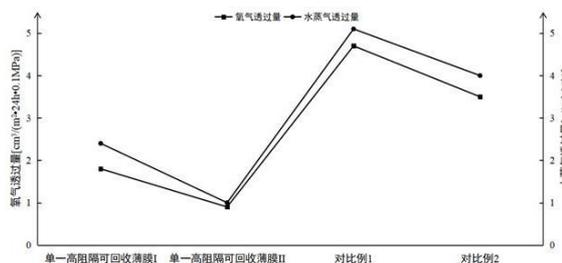
(54) 发明名称

一种单一高阻隔可回收薄膜及制备工艺

(57) 摘要

本发明涉及单一材质高阻隔包装材料研发技术领域,且公开了一种单一高阻隔可回收薄膜及制备工艺,包括:制备阳光型表面改性剂;通过硅羟基官能团和羟基官能团的偶联反应,将阳光型表面改性剂修饰在纤维素纳米晶表面,制备得到阳光型纤维素纳米晶;将阳光型纤维素纳米晶分散在乙烯-乙醇共聚物基体中,制备得到有机-无机杂化型阻隔剂;将有机-无机杂化型阻隔剂引入单一PE材质中,采用九层共挤吹塑成膜工艺,制备得到单一高阻隔可回收薄膜。本发明提供了一种单一高阻隔可回收薄膜的制备工艺,据此制备了一种新型的单一高阻隔可回收薄膜,其能够在包装领域中应用。

单一高阻隔可回收薄膜的阻隔性能实验结果



1. 一种单一高阻隔可回收薄膜的制备工艺,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,制备阻光型表面改性剂,该阻光型表面改性剂为阻光型硅烷偶联剂或阻光型硅烷偶联剂和阻光型硅烷交联剂;

所述阻光型硅烷偶联剂的制备方法为:通过双水杨酸酯的羧基官能团和3-巯丙基三甲氧基硅烷的巯基官能团发生硫酸酯化反应制得;

所述阻光型硅烷交联剂的制备方法为:在活化剂的促进作用下,通过有机碱催化双水杨酸酯的羧基官能团和二(3-三甲氧基甲硅烷基丙基)胺的仲胺基团发生酰基化反应制得;

步骤二,制备阻光型纤维素纳米晶:利用硅羟基官能团和羟基官能团的偶联反应,通过纤维素纳米晶表面具有的羟基官能团与阻光型硅烷偶联剂水解后生成的硅羟基官能团发生偶联作用得到阻光型纤维素纳米晶;

步骤三,将阻光型纤维素纳米晶分散在乙烯-乙烯醇共聚物基体中,制备得到有机-无机杂化型阻隔剂;

步骤四,将有机-无机杂化型阻隔剂引入单一PE材质中,采用九层共挤吹塑成膜工艺,制备得到单一高阻隔可回收薄膜。

2. 根据权利要求1所述的一种单一高阻隔可回收薄膜的制备工艺,其特征在于,所述活化剂为N,N'-二环己基碳二亚胺、1-羟基苯并三唑、N-羟基-7-氮杂苯并三氮唑、1-(3-二甲氨基丙基)-3-乙基碳化二亚胺盐酸盐中的一种。

3. 根据权利要求1所述的一种单一高阻隔可回收薄膜的制备工艺,其特征在于,所述有机碱为吡啶、三乙胺、三丁基胺、咪唑中的一种。

4. 根据权利要求1所述的一种单一高阻隔可回收薄膜的制备工艺,其特征在于,所述单一高阻隔可回收薄膜各膜层的配方及用量,具体如下:

第一层:低密度聚乙烯树脂层、5~20重量份;

第二层:高密度聚乙烯树脂层、5~20重量份;

第三层:高密度聚乙烯树脂层、5~20重量份;

第四层:马来酸酐接枝聚乙烯树脂层、2~8重量份;

第五层:以90~95wt%低密度聚乙烯树脂+5~10wt%有机-无机杂化型阻隔剂为原料制备的阻隔层、10~50重量份;

第六层:马来酸酐接枝聚乙烯树脂层、2~8重量份;

第七层:高密度聚乙烯树脂层、5~20重量份;

第八层:低密度聚乙烯树脂层、5~20重量份;

第九层:低密度聚乙烯树脂层、5~20重量份。

5. 根据权利要求4所述的一种单一高阻隔可回收薄膜的制备工艺,其特征在于,所述单一高阻隔可回收薄膜的制备方法为:将各层原料分别投入到九层共挤薄膜吹塑机组的九台螺杆挤出机的料斗中,通过搅拌混合之后,熔融树脂经分流器在机头处汇合,经模头挤出吹塑、冷却、收卷,得到单一高阻隔可回收薄膜。

6. 根据权利要求5所述的一种单一高阻隔可回收薄膜的制备工艺,其特征在于,所述阻隔层对应的螺杆挤出机的工艺参数设置为:1-3区的温度分别为130~150℃、150~170℃、170~190℃,流道温度为170~180℃,转速为30~50r/min。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的工艺制备得到的一种单一高阻隔可回收薄膜在包装

领域中的应用。

一种单一高阻隔可回收薄膜及制备工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及单一材质高阻隔包装材料研发技术领域,具体为一种单一高阻隔可回收薄膜及制备工艺。

背景技术

[0002] 传统的包装材料为了满足保质期内食品的安全和质量,通常会将不同的材料进行复合,比如PET/VMPET/PE,作为一种简单的复合包装,PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)薄膜赋予包装材料可印刷的特性,VMPET(聚对苯二甲酸乙二醇酯镀铝)薄膜赋予包装材料高阻隔的特性,可极大减小外界水蒸气和氧气对包装内容物的影响,PE(聚乙烯)薄膜复合材料可热封的特性,通过粘合剂将不同种类的材料粘合起来,赋予了复合软包装综合的特性:可印刷、高阻隔、可热封,最终在产品的货架期内能够保障产品的安全和质量。但由于该复合膜是由不同的材料组合而成,回收时需要分开不同的薄膜层,因此回收困难,该类包装最终会填埋或焚烧,对环境造成污染。

[0003] 因此推进高阻隔可回收的单一材料势在必行。一方面单一材料的回收可促进循环经济,减少碳排放,有助于消除破坏性浪费和资源过度使用;另一方面赋予单一材料高阻隔的特性可满足食品在保质期的安全和质量,减少水蒸气和氧气对包装内容物的影响,保持产品的口感和风味,满足消费者体验。

[0004] 单一材质的塑料包装材料回收时不用分类,可以重复回收利用,但其阻隔性能往往不能满足实际使用的要求,这限制了其在工业生产中的应用价值。目前,提升包装膜阻隔性能的方式通常包括:复合无机纳米材料、选用高阻隔树脂共挤、涂布阻隔材料层、采用金属薄膜(铝箔)等,在单一可回收的前提下,复合无机纳米材料逐渐成为产业发展的趋势。例如,公开号为CN117601532A的中国专利公开了一种纳米改性高阻隔抗菌双向拉伸尼龙薄膜及其制备方法,通过在阻隔层中添加己内酰胺单体插层改性后的片层无机纳米粒子,提升薄膜高湿条件下气体阻隔性。

[0005] 而现有技术中已有使用纤维素纳米晶体(CNC)作为纳米高分子填料来提高塑料材料力学性能和阻隔性能的报道。另外,水杨酸酯是一种常见的紫外线吸收剂,能够抑制光照、有效的保护食品、材料免受紫外线的损害。

发明内容

[0006] 本发明基于独特的层间配方设计,可以将不同阻隔性能的聚烯烃材料通过九层共挤薄膜吹塑机组一次性共挤吹膜出来形成单一高阻隔可回收薄膜,不需要额外通过多层复合工序进行复合粘贴,同样可以达到对水蒸气、氧气的高阻隔特性。

[0007] 一种单一高阻隔可回收薄膜的制备工艺,包括以下步骤:

[0008] 步骤一,制备阻光型表面改性剂,该阻光型表面改性剂为阻光型硅烷偶联剂或阻光型硅烷偶联剂和阻光型硅烷交联剂;

[0009] 所述阻光型硅烷偶联剂的制备方法为:通过双水杨酸酯的羧基官能团和3-巯丙基

三甲氧基硅烷的巯基官能团发生硫酸酯化反应制得；

[0010] 所述阻光型硅烷交联剂的制备方法为：在活化剂的促进作用下，通过有机碱催化双水杨酸酯的羧基官能团和二(3-三甲氧基甲硅烷基丙基)胺的仲胺基团发生酰基化反应制得；

[0011] 步骤二，制备阻光型纤维素纳米晶：利用硅羟基官能团和羟基官能团的偶联反应，通过纤维素纳米晶表面具有的羟基官能团与阻光型硅烷偶联剂水解后生成的硅羟基官能团发生偶联作用得到阻光型纤维素纳米晶；

[0012] 步骤三，将阻光型纤维素纳米晶分散在乙烯-乙烯醇共聚物基体中，制备得到有机-无机杂化型阻隔剂；

[0013] 步骤四，将有机-无机杂化型阻隔剂引入单一PE材质中，采用九层共挤吹塑成膜工艺，制备得到单一高阻隔可回收薄膜。

[0014] 优选的，所述活化剂为N,N'-二环己基碳二亚胺、1-羟基苯并三唑、N-羟基-7-氮杂苯并三氮唑、1-(3-二甲氨基丙基)-3-乙基碳化二亚胺盐酸盐中的一种。

[0015] 优选的，所述有机碱为吡啶、三乙胺、三丁基胺、咪唑中的一种。

[0016] 优选的，所述单一高阻隔可回收薄膜各膜层的配方及用量，具体如下：

[0017] 第一层：低密度聚乙烯树脂层、5~20重量份；

[0018] 第二层：高密度聚乙烯树脂层、5~20重量份；

[0019] 第三层：高密度聚乙烯树脂层、5~20重量份；

[0020] 第四层：马来酸酐接枝聚乙烯树脂层、2~8重量份；

[0021] 第五层：以90~95wt%低密度聚乙烯树脂+5~10wt%有机-无机杂化型阻隔剂为原料制备的阻隔层、10~50重量份；

[0022] 第六层：马来酸酐接枝聚乙烯树脂层、2~8重量份；

[0023] 第七层：高密度聚乙烯树脂层、5~20重量份；

[0024] 第八层：低密度聚乙烯树脂层、5~20重量份；

[0025] 第九层：低密度聚乙烯树脂层、5~20重量份。

[0026] 优选的，所述单一高阻隔可回收薄膜的制备方法为：将各层原料分别投入到九层共挤薄膜吹塑机组的九台螺杆挤出机的料斗中，通过搅拌混合之后，熔融树脂经分流器在机头处汇合，经模头挤出吹塑、冷却、收卷，得到单一高阻隔可回收薄膜。

[0027] 优选的，所述阻隔层对应的螺杆挤出机的工艺参数设置为：1-3区的温度分别为130~150℃、150~170℃、170~190℃，流道温度为170~180℃，转速为30~50r/min。

[0028] 根据上述工艺制备得到的一种单一高阻隔可回收薄膜在包装领域中的应用。

[0029] 有益效果：本发明合成得到了阻光型硅烷偶联剂和阻光型硅烷交联剂，先以阻光型硅烷偶联剂和/或阻光型硅烷交联剂对纤维素纳米晶进行表面修饰，再与乙烯-乙烯醇共聚物进行复合作用，制备得到有机-无机杂化型阻隔剂，最后将有机-无机杂化型阻隔剂引入单一PE材质中并通过九层共挤薄膜吹塑机组共挤吹膜出阻隔性能优异的单一高阻隔可回收薄膜。

附图说明

[0030] 图1为阻光型硅烷偶联剂的化学结构及氢谱图；

- [0031] 图2为阻光型硅烷交联剂的化学结构及氢谱图；
[0032] 图3为单一高阻隔可回收薄膜的阻隔性能实验结果。

具体实施方式

实施例1：

[0033] 以阻隔性能优异的纤维素纳米晶、乙烯-乙烯醇共聚物作为阻隔改性原料,为提高纤维素纳米晶与乙烯-乙烯醇共聚物的相容性能,研发了一种具有阻光能力的新型表面改性剂,利用该新型表面改性剂先对纤维素纳米晶进行改性处理,再与乙烯-乙烯醇共聚物复合得到有机-无机杂化型阻隔剂。

[0034] 制备有机-无机杂化型阻隔剂,其制备步骤如下:

[0035] 步骤一:制备阻光型表面改性剂;

[0036] 步骤二:通过Si-OH和-OH的偶联反应,将阻光型表面改性剂修饰在纤维素纳米晶表面,制备得到阻光型纤维素纳米晶;

[0037] 步骤三:将阻光型纤维素纳米晶分散在乙烯-乙烯醇共聚物基体中,制备得到有机-无机杂化型阻隔剂;

[0038] 利用制备有机-无机杂化型阻隔剂的方法,制备得到有机-无机杂化型阻隔剂I,其制备过程如下:

[0039] (1) 制备阻光型硅烷偶联剂,其制备方法为:利用亲核取代反应机理,通过双水杨酸酯的羧基官能团和3-巯丙基三甲氧基硅烷的巯基官能团发生硫酯化反应,生成阻光型硅烷偶联剂,其具体实验步骤为:将2.6g双水杨酸酯、2.0g 3-巯丙基三甲氧基硅烷、1.0g对甲苯磺酸和50mL环己烷加入到带有分水器的三口瓶中,在机械搅拌作用下,升温至85℃回流反应5h,减压蒸馏回收环己烷,依次利用饱和碳酸氢钠水溶液和去离子水洗涤至中性、过滤、干燥,得到阻光型硅烷偶联剂,其化学结构及氢谱结果(测试条件为:400Hz、CDCl₃)如图1所示;

[0040] (2) 制备阻光型纤维素纳米晶I,其制备方法为:利用阻光型硅烷偶联剂对纤维素纳米晶进行修饰,得到阻光型纤维素纳米晶I,其具体实验步骤为:将2g纤维素纳米晶、80mL无水乙醇和20mL去离子水加入到烧杯中,超声处理10min,升温至40℃后向烧杯中加入3g阻光型硅烷偶联剂,搅拌10h、离心,依次利用无水乙醇和去离子水反复离心洗涤,之后依次在50℃真空烘箱和110℃烘箱中干燥2 h,得到阻光型纤维素纳米晶I;

[0041] (3) 制备有机-无机杂化型阻隔剂I,其制备方法为:将阻光型纤维素纳米晶I分散在乙烯-乙烯醇共聚物基体中,制备得到有机-无机杂化型阻隔剂I,其具体实验步骤为:将10g的乙烯-乙烯醇共聚物和2g阻光型纤维素纳米晶I加入到双螺杆挤出机中,通过双螺杆挤出机共混、熔融、挤出、切粒,得到有机-无机杂化型阻隔剂I;

[0042] 利用制备有机-无机杂化型阻隔剂的方法,制备得到有机-无机杂化型阻隔剂II,其制备过程如下:

[0043] (1) 制备阻光型硅烷交联剂,其具体合成过程为:利用亲核取代反应机理,在活化剂的促进作用下,通过有机碱催化双水杨酸酯的羧基官能团和二(3-三甲氧基甲硅烷基丙基)胺的仲胺基团发生酰基化反应,生成阻光型硅烷交联剂,其具体实验步骤为:在氮气保护作用下,将2.6g双水杨酸酯、2.4g二(3-三甲氧基甲硅烷基丙基)胺、1.0g三乙胺、40mL无

水二氯甲烷和10mL无水四氢呋喃加入到带有分水器的三口瓶中,室温搅拌反应30min,之后向三口瓶中加入20mL 1-羟基-苯并三氮唑溶液(由1.5g 1-羟基苯并三唑和20mL二氯甲烷配制),保持室温搅拌反应20h,倒入去离子水中,利用二氯甲烷萃取、无水硫酸镁干燥、过滤,旋转蒸发除去溶剂,得到阳光型硅烷交联剂,其化学结构及氢谱结果(测试条件为:400Hz、 CDCl_3)如图2所示;

[0044] 其中,活化剂为N,N'-二环己基碳二亚胺(DCC)、1-羟基苯并三唑(HOBT)、N-羟基-7-氮杂苯并三氮唑(HOAT)、1-(3-二甲氨基丙基)-3-乙基碳化二亚胺盐酸盐(EDC)中的一种,本实验例选择使用1-羟基苯并三唑;有机碱为吡啶、三乙胺、三丁基胺、咪唑中的一种,本实验例选择使用三乙胺;

[0045] (2)制备阳光型纤维素纳米晶II,其制备方法为:利用阳光型硅烷偶联剂和阳光型硅烷交联剂共同对纤维素纳米晶进行修饰,得到阳光型纤维素纳米晶II,其具体实验步骤参照阳光型纤维素纳米晶I的制备实验,其区别部分仅在于:用1.5g阳光型硅烷偶联剂和1.5g阳光型硅烷交联剂替换3g阳光型硅烷偶联剂,制备得到阳光型纤维素纳米晶II;

[0046] (3)制备有机-无机杂化型阻隔剂II,其制备方法为:将阳光型纤维素纳米晶II分散在乙烯-乙醇共聚物基体中,制备得到有机-无机杂化型阻隔剂,其具体实验步骤参照有机-无机杂化型阻隔剂I的制备实验,其区别部分仅在于:用阳光型纤维素纳米晶II替换阳光型纤维素纳米晶I;

[0047] 纤维素纳米晶的制备方法为:将3g微晶纤维素和45mL 64wt%的硫酸加入到带有有冷凝回流装置的三口烧瓶中,升温至55℃,搅拌反应40min,冷却至室温、离心,利用去离子水离心洗涤四次,收集悬浮液并在去离子水中透析至中性,-50℃真空冷冻干燥48 h得到纤维素纳米晶;

[0048] 其中,乙烯-乙醇共聚物购自广州贝斯特新材料科技有限公司,其牌号为ET3803RB;微晶纤维素购自上海泰坦科技股份有限公司,其产品编号为04484684;

[0049] 其中,双螺杆挤出机的工艺参数设置为:1-3区的温度分别为150℃、170℃、195℃,转速为40r/min。

实施例2:

[0050] (1)制备单一高阻隔可回收薄膜I,包括如下步骤:

[0051] 步骤一:设置单一高阻隔可回收薄膜I为九层非对称膜结构,其各膜层的配方及用量如下:

[0052] 第一层:低密度聚乙烯树脂(LDPE)层、10重量份;

[0053] 第二层:高密度聚乙烯树脂(HDPE)层、10重量份;

[0054] 第三层:高密度聚乙烯树脂(HDPE)层、10重量份;

[0055] 第四层:马来酸酐接枝聚乙烯树脂(PE-g-MAH)层、5重量份;

[0056] 第五层:以95wt% LDPE+5wt%有机-无机杂化型阻隔剂I为原料制备的阻隔层、30重量份;

[0057] 第六层:马来酸酐接枝聚乙烯树脂(PE-g-MAH)层、5重量份;

[0058] 第七层:高密度聚乙烯树脂(HDPE)层、10重量份;

[0059] 第八层:低密度聚乙烯树脂(LDPE)层、10重量份;

[0060] 第九层:低密度聚乙烯树脂(LDPE)层、10重量份;

[0061] 步骤二,将步骤一中各原料分别投入到九层共挤薄膜吹塑机组的九台螺杆挤出机的料斗中,通过搅拌混合之后,熔融树脂经分流器在机头处汇合,经模头挤出吹塑、冷却、收卷,得到厚度为80 μm 的单一高阻隔可回收薄膜I;

[0062] 其中,低密度聚乙烯树脂层和高密度聚乙烯树脂层对应的螺杆挤出机的工艺参数设置为:1-3区的温度分别为120 $^{\circ}\text{C}$ 、150 $^{\circ}\text{C}$ 、170 $^{\circ}\text{C}$,流道温度为165 $^{\circ}\text{C}$,转速为30r/min;

[0063] 马来酸酐接枝聚乙烯树脂层对应的螺杆挤出机的工艺参数设置为:1-3区的温度分别为125 $^{\circ}\text{C}$ 、150 $^{\circ}\text{C}$ 、165 $^{\circ}\text{C}$,流道温度为160 $^{\circ}\text{C}$,转速为15r/min;

[0064] 阻隔层对应的螺杆挤出机的工艺参数设置为:1-3区的温度分别为140 $^{\circ}\text{C}$ 、160 $^{\circ}\text{C}$ 、180 $^{\circ}\text{C}$,流道温度为175 $^{\circ}\text{C}$,转速为40r/min;

[0065] 其中,低密度聚乙烯树脂(LDPE)购自江苏冉泰塑化有限公司,其牌号为LD 150DW;高密度聚乙烯树脂(HDPE)购自东莞市龙煌塑胶原料有限公司,其牌号为FB5600;马来酸酐接枝聚乙烯树脂(PE-g-MAH)购自东莞市滔滔塑胶原料有限公司,其牌号为4288。

[0066] (2)制备单一高阻隔可回收薄膜II:仅使用有机-无机杂化型阻隔剂II替代单一高阻隔可回收薄膜I中的有机-无机杂化型阻隔剂I,其余部分均与单一高阻隔可回收薄膜I相同,制备得到单一高阻隔可回收薄膜II。

[0067] (3)制备单一高阻隔可回收薄膜a:仅使用乙烯-乙醇共聚树脂替代单一高阻隔可回收薄膜I中的有机-无机杂化型阻隔剂I,其余部分均与单一高阻隔可回收薄膜I相同,制备得到单一高阻隔可回收薄膜a,以其为对比例1;

[0068] (4)制备单一高阻隔可回收薄膜b:仅使用共混型阻隔剂替代单一高阻隔可回收薄膜I中的有机-无机杂化型阻隔剂I,其余部分均与单一高阻隔可回收薄膜I相同,制备得到单一高阻隔可回收薄膜b,以其为对比例2;

[0069] 其中,共混型阻隔剂的制备方法为:将纤维素纳米晶直接与乙烯-乙醇共聚物基体混合,制备得到共混型阻隔剂,其具体实验步骤参照有机-无机杂化型阻隔剂I的制备实验,其区别部分仅在于:用纤维素纳米晶替换阻光型纤维素纳米晶I。

[0070] 性能测试:

[0071] 一、阻隔性能测试:

[0072] (1)使用Y110型氧气透过量测试仪按照GB/T 1038-2000对样品的阻氧性能进行测试,记录样品的氧气透过量;

[0073] (2)使用TC-03型水蒸气透过量按照GB/T 1037-2021对样品的阻水性能进行测试,记录样品的水蒸气透过量;

[0074] (3)使用Lambda 950型紫外-可见分光光度计按照GB/T 2410-2008对样品进行透光率测试,测试波长范围为250-800nm,记录样品在380nm处的透光率;

[0075] 二、力学性能

[0076] 使用Instron 5565万能拉伸试验机对样品的力学性能进行测试,其具体测试步骤如下:将150mm \times 20mm的样品固定在拉伸试验机上,以5mm/min的拉伸速率进行拉伸测试,记录样品的纵向和横向拉伸强度;

[0077] 上述实验结果见表1及图3。

[0078] 表1 单一高阻隔可回收薄膜的性能测试结果

复合膜类型	氧气透过量 [cm ³ /(m ² ·24h· 0.1MPa)]	水蒸气透过量 [g/(m ² ·24h)]	透光率(%)	拉伸强度(MPa)	
				纵向	横向
[0079] 单一高阻隔可回收薄膜I	1.8	2.4	27.8	37.8	35.7
单一高阻隔可回收薄膜II	0.9	1.0	25.7	45.2	42.4
对比例 1	4.7	5.1	79.6	30.5	28.4
对比例 2	3.5	4.0	73.5	28.6	29.1

[0080] 通过综合分析上述的实验结果能够得出下述结论：

[0081] 本发明独立研发得到的有机-无机杂化型阻隔剂显著提升了单一高阻隔可回收薄膜的阻隔性能、阻光性能及力学性能；

[0082] 与有机-无机杂化型阻隔剂I相比，有机-无机杂化型阻隔剂II对单一高阻隔可回收薄膜的综合性能提升更具有显著性。

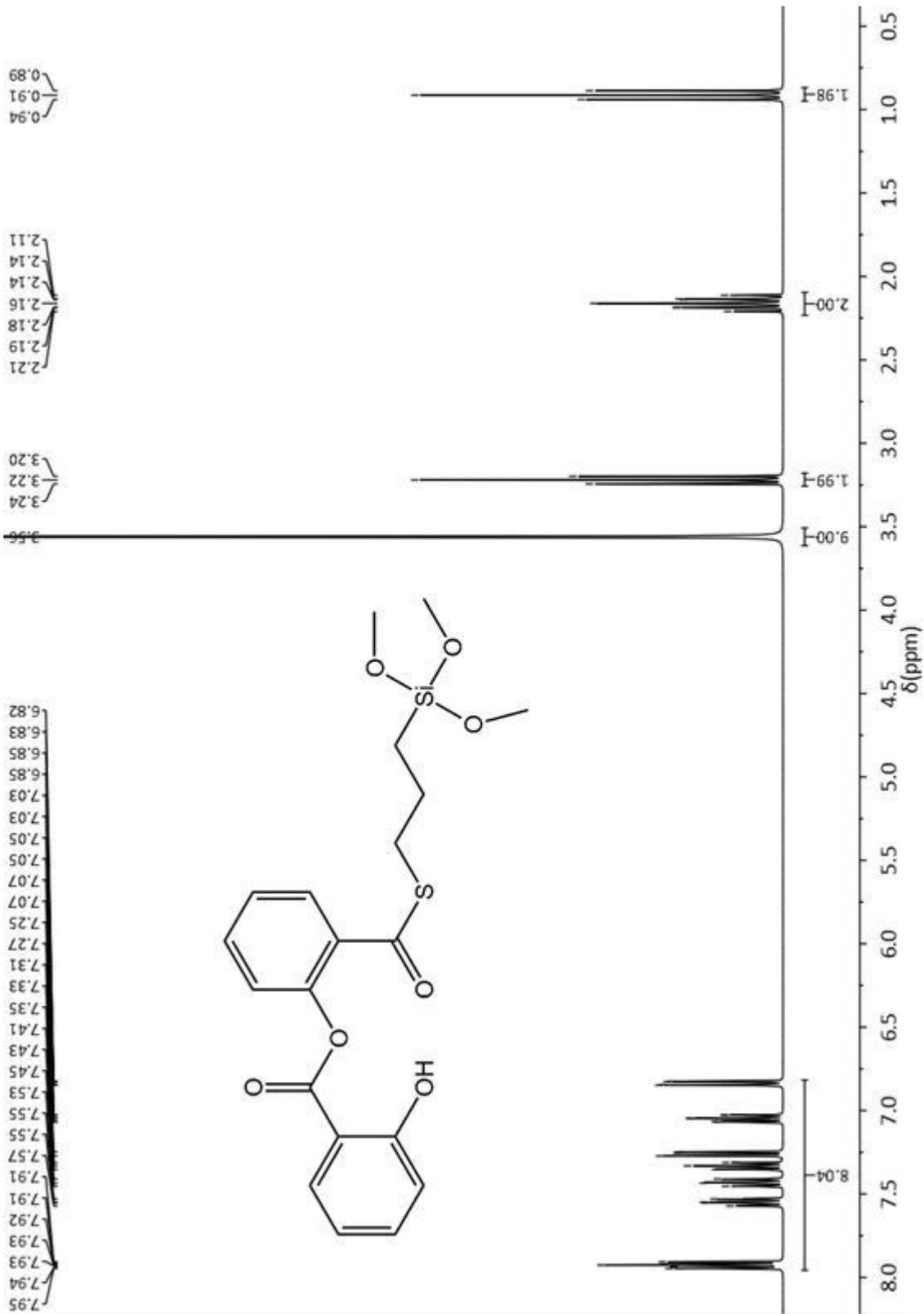


图 1

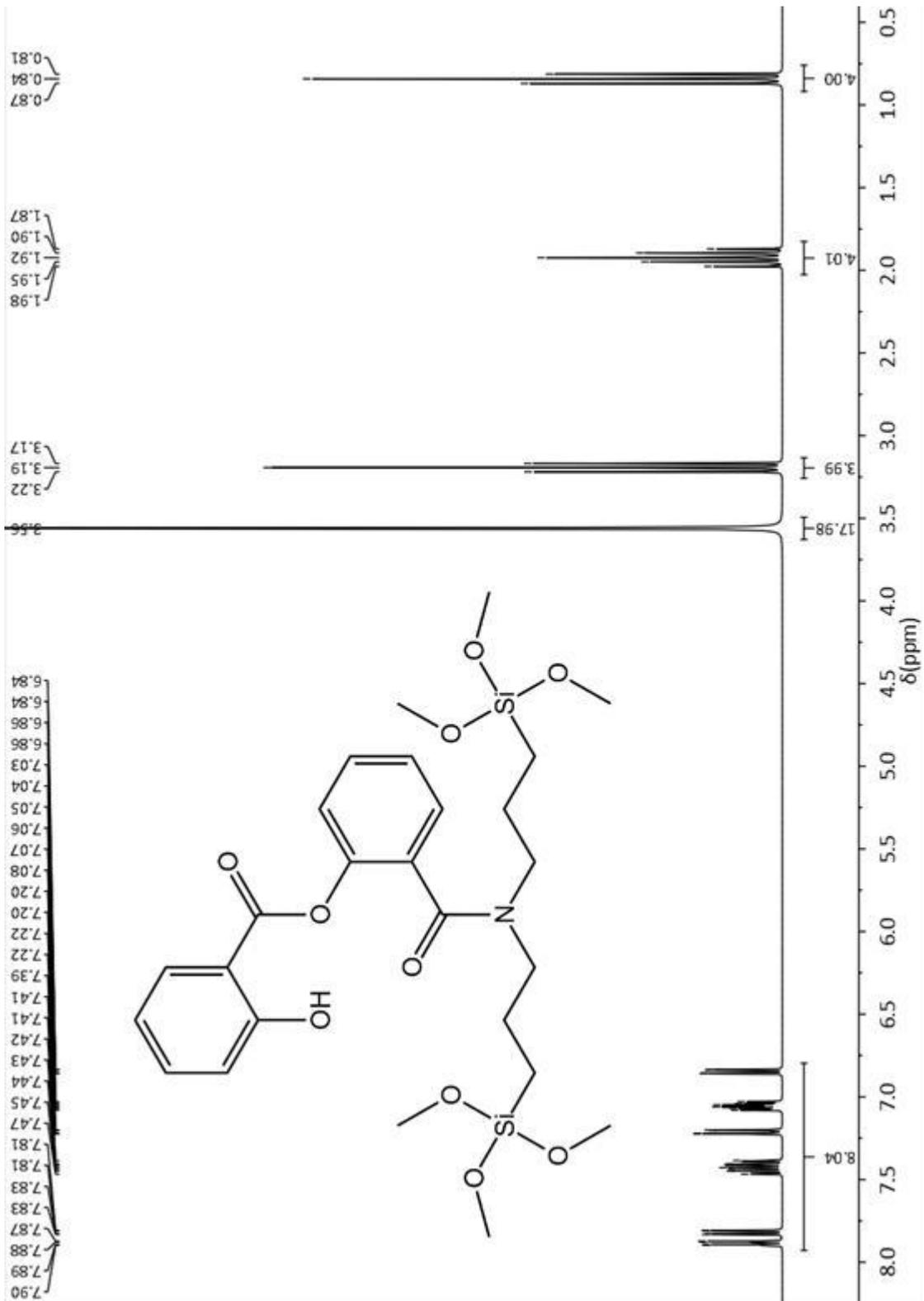


图 2

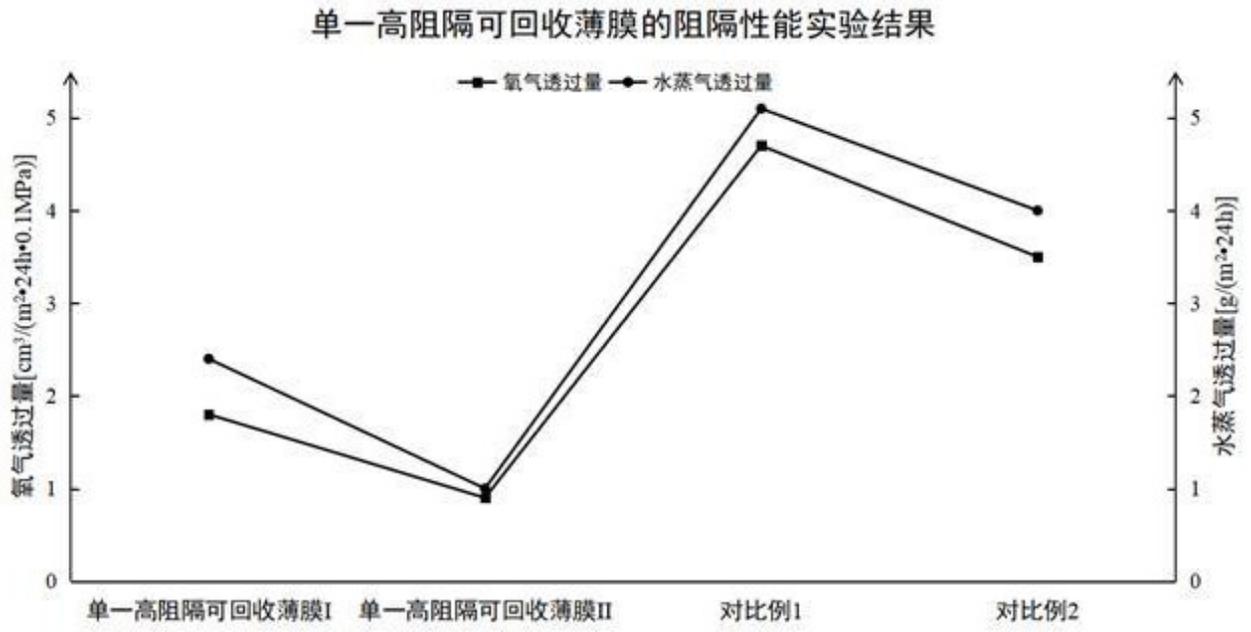


图 3