

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C09K 11/08 (2006.01)

C08L 69/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03812655.9

[45] 授权公告日 2008 年 1 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100365094C

[22] 申请日 2003.5.14 [21] 申请号 03812655.9

[30] 优先权

[32] 2002.5.31 [33] US [31] 10/160,761

[86] 国际申请 PCT/US2003/015132 2003.5.14

[87] 国际公布 WO2003/102110 英 2003.12.11

[85] 进入国家阶段日期 2004.11.30

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 迈克尔·W·布朗

杰里米·D·赫斯特

史蒂文·R·皮克 菲利普·肖特兰

西奥多勒斯·J·M·蒂默曼

[56] 参考文献

DE19721222A 1998.6.4

EP1118649A 2001.7.25

审查员 施凤莲

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 黄益芬 巫肖南

权利要求书 2 页 说明书 21 页

[54] 发明名称

发磷光的热塑性组合物

[57] 摘要

聚合物组合物包含 (a) 50% - 99% 重量的热塑性树脂或热塑性树脂共混物; (b) 1% - 50% 重量份的含有一种或多种单体已经接枝在上面的橡胶接枝基体的接枝共聚物, (a) 和 (b) 的量根据组分 (a) 和 (b) 加在一起的和来计算; 以及 (c) 一种用 M - Al 表示的铝酸盐基质的磷光颜料, 其中 M 是选自钙、锶和钡的至少一种金属元素, Al 表示一种铝酸根基团。铝酸根基团例如可以为 Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 基团。本发明还涉及适合于制造本发明聚合物组合物的浓缩物。

1. 一种热塑性组合物, 包含:
  - (a) 50 %—99 %重量的热塑性树脂或热塑性树脂的共混物;
  - (b) 1 %—50 %重量的含有一种或多种单体已经接枝在上面的橡胶接枝基体的接枝共聚物, (a)和(b)的量根据组分(a)和(b)加在一起的和来计算; 以及
  - (c) 用 M—Al 表示的铝酸盐基质的磷光颜料, 其中 M 是选自钙、锶和钡的至少一种金属元素, Al 表示铝酸根基团。
2. 权利要求 1 所述的热塑性组合物, 其中所述组合物的漫射光透射率按照 ASTM D1003 标准在厚度为 2.54 毫米的热塑性组合物模塑成形试件上测量为小于 20%。
3. 权利要求 1 所述的热塑性组合物, 其含有聚碳酸酯树脂作为组分(a)。
4. 权利要求 1 所述的热塑性组合物, 其含有至少 60 %重量的聚碳酸酯和不大于 40 %重量的一种或多种其它热塑性树脂的共混物作为组分(a), 其中百分比根据所有聚碳酸酯树脂和其它热塑性树脂的和进行计算。
5. 权利要求 1 所述的热塑性组合物, 其含有聚碳酸酯和选自热塑性聚酯树脂和硅氧烷聚碳酸酯嵌段共聚物的热塑性树脂的共混物作为组分(a)。
6. 权利要求 1 所述的热塑性组合物, 其中接枝共聚物(b)是通过将一种或多种单体接枝到玻璃化转变温度低于 25℃的橡胶基体上而得到的。
7. 权利要求 1 所述的热塑性组合物, 其中接枝共聚物(b)是通过在橡胶基体上接枝甲基丙烯酸酯和芳香族乙烯基单体得到的产物, 所述基体含有由二烯烃衍生的单元。
8. 权利要求 1 所述的热塑性组合物, 包含:
  - (a) 50 %—98 %重量的组分(a);
  - (b) 大于 1 %重量的组分(b); 以及
  - (c) 大于 0.01 %重量的组分(c), 其中(a)、(b)和(c)加起来的量为 100 %重量。
9. 适合于制造权利要求 1 所述的热塑性组合物的浓缩物, 包括:
  - (a) 热塑性树脂或热塑性树脂共混物和/或(b)含有一种或多种单体已经接枝在上面的橡胶接枝基体的接枝共聚物; 以及

(c) 用 M—Al 表示的铝酸盐基质的磷光颜料，其中 M 是选自钙、锶和钡的至少一种金属元素，Al 表示铝酸根基团，该磷光颜料的量至少为 5 % 重量，根据(a)、(b)和(c)量的总和计算。

10. 权利要求 9 所述的浓缩物，包含：

热塑性树脂或热塑性树脂共混物，以及

含有一种或多种单体已经接枝在上面的橡胶接枝基体的接枝共聚物。

11. 权利要求 1 所述的组合物模塑成形的物体。

12. 权利要求 5 所述的热塑性组合物，其特征在于该组合物根据 ASTM D 256 标准在 0°C 时的缺口悬臂梁式冲击强度值至少为 10 ft-lb/inch。

13. 由权利要求 12 所述的组合物模塑成形的物体。

14. 权利要求 13 的模塑成形物体，其中所述的物体用作安全帽。

15. 权利要求 13 的模塑成形物体，其中所述的物体用作个人防护品。

16. 权利要求 13 的模塑成形物体，其中所述的物体用作安全用品。

## 发磷光的热塑性组合物

### 背景技术

本发明涉及含有一种或多种热塑性树脂和一种铝酸盐基质的发磷光化合物的热塑性组合物。本发明的组合物特别适合用于注射成型方法。本发明还涉及根据本发明的组合物注射成型而得到的物体。

将发磷光颜料添加到大体上透明的聚合物中一般能提供具有好的发光性能的组合物。采用大体上透明的聚合物基体，如聚碳酸酯，可以使组合物容易受到光的高效激发。并且，随后从组合物中射出来的磷光除了被颜料自身之外，不被过滤或散射。

铝酸盐基质的磷光化合物是公知的。美国专利 US 5,424,006 描述了这种类型的磷光体(phosphor)，并指出能将其混入塑料材料中。

美国专利 US 5,607,621 描述了含有约 5%—约 20%重量份的类似铝酸盐基磷光体和合成树脂的发磷光合成树脂材料。以实施例形式提出了多种合成树脂。

美国专利 US 5,976,411 描述了由含有热塑性或热固性树脂、约 1%—约 50%重量份的磷光颜料和约 0.001%—约 20%重量份的激光能量吸收剂的塑料组合物制造的模塑、挤出或成型的(formed)磷光性塑料制品。已经提到聚碳酸酯作为许多种适合的树脂之一。

美国专利 US 6,375,864B1 描述了含有优选与聚合物可溶的日光型磷光染料组合使用的磷光性磷光体颜料的组合物及由此制造的模塑、挤出或成型的磷光性塑料制品。

日本专利 JP 2000-034 414A 描述了半透明的储光树脂，其中含有总共 1%—4%重量份的储光颜料。根据日本专利 JP 2000-034 414A，使用粒度从几十微米到几百微米、平均粒度约 10—20 微米的很宽的粒度范围的颜料是很普通的。日本专利 JP 2000-034 414A 寻求通过采用具有上述粒度的颜料，得到该公知组合物在残余发光相对密度和光线透射率之间的平衡。在聚碳酸酯树脂中加入 JP 2000-034 414A 中的颜料后，聚碳酸酯有用的物理性能都失去了。铝酸盐颗粒非常硬，导致在注射成型设备中螺杆的磨损。该磨损

是如此强烈，以致可能导致组合物用螺杆加工时颜色变灰。

2001年8月6日提交的美国专利申请 US 09/922,624 描述了含有热塑性聚碳酸酯组合物和磷光颜料(磷光体)的透明或半透明热塑性组合物。该磷光体含量为 0.01%—2.0%重量份。该磷光体应当具有中等粒度,小于 10 微米。

不幸地是,由于颜料颗粒的摩擦性,磷酸颜料(磷光体)的添加导致基质的降解。由于在混合过程中聚合物降解,这导致基质变灰。而且,在聚碳酸酯基体中添加非常少量的磷酸颜料就导致其抗冲击性能的显著下降。因此,需要聚碳酸酯组分和部件,既要具有好的发光性能,又要有低温延展性和抗冲击强度。

一般都认为,最佳的磷光只有通过透明或半透明材料得到。

### 发明概述

现在发现有可能通过在热塑性组合物中加入一种含有橡胶接枝基体上已经接枝有一种或多种单体的接枝共聚物来得到具有良好磷光的热塑性组合物,即使当该组合物是不透明或高度半透明的也是如此。同样在采用螺杆注射成型机加工时也能得到本发明的较少变灰的组合物。

将接枝共聚物加入到透明聚合物中一般使共混物变得半透明或不透明,并且因而可能预见到加入接枝共聚物能改善含有磷光颜料聚合物的抗冲击性能,将会阻碍这种组合物的余辉性能。然而我们不经意地发现,将接枝共聚物加入到下面详述的含有磷光颜料的热塑性树脂中,将使组合物具有更低温度的延展性的同时,具有更长和更亮的余辉特性。这些组合物可以有許多工业应用,特别是用于汽车、电脑和通讯设备的装饰外壳。

本发明涉及含有热塑性树脂或热塑性树脂、含有橡胶接枝基体上已经接枝有一种或多种单体的接枝共聚物和具有用 M-Al 表示的铝酸盐基质的磷光颜料的共混物的热塑性组合物,其中, M 为选自钙、锶、钡的至少一种金属元素, Al 表示一种铝酸根基团,如  $Al_2O_4$ 。

本发明的组合物优选为具有按 ASTM D1003 标准在厚度为 2.54 毫米部件上测量的小于 20%的漫射光透射率(diffuse light transmission)。

热塑性树脂优选为聚碳酸酯树脂或聚碳酸酯树脂和/或更多热塑性树脂的共混物。

接枝共聚物的橡胶接枝基体优选为具有玻璃化转变温度低于 25℃, 或

进一步优选为低于 $-10^{\circ}\text{C}$ 。优选的接枝共聚物可以通过在含有由二烯烃衍生的结构单元的橡胶接枝基体上接枝一种或多种单体来得到,该单体选自丙烯酸酯、甲基丙烯酸酯、丙烯腈、和乙烯基芳香族单体。

有可能采用掺杂铕的铝酸盐磷光体。

也可能采用已经掺杂了铕和至少一种共掺杂剂(如镱)的铝酸盐磷光体。

本发明的组合物优选含有50%—98%,更优选60%—90%重量份的热塑性树脂或热塑性树脂共混物,大于1%,更优选2%—25%重量份的接枝共聚物,以及大于0.01%,更优选0.05%—5%重量份的磷光颜料,提到的组分加在一起为100%重量份。

本发明还涉及适合于制备本发明组合物的浓缩物。有可能该浓缩物由一家公司制造而最终的组合物由另一家公司制造。

本发明的浓缩物含有一种热塑性树脂和/或含有橡胶接枝基体上已经接枝有一种或多种单体的接枝共聚物,以及用M-Al表示的具有铝酸盐基质的磷光颜料,其中,M为选自钙、锶、钡的至少一种金属元素,Al表示一种铝酸根基团,如 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,用量根据提到组分总用量计算至少为5%重量份。

由本发明组合物的任一种用注射模塑成形的物体也构成本发明的一部分。

### 发明详述

本发明的组合物包括下列必要组分:

(a)50%—99%重量份的热塑性树脂或热塑性树脂共混物;(b)1%—50%重量份的含有一种或多种单体已经接枝在橡胶接枝基体上的接枝共聚物,(a)和(b)的量根据组分(a)和(b)加在一起的和来计算;以及(c)一种用M—Al表示的铝酸盐基质的磷光颜料(磷光体),其中M是选自钙、锶和钡的至少一种金属元素,Al表示一种铝酸根基团。

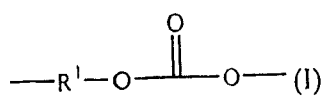
### 热塑性树脂或热塑性树脂共混物

所有类型的热塑性树脂都可以应用在本发明的组合物中。而树脂或共混物是透明的还是半透明的并不重要。添加接枝共聚物,在任何情况下,都会导致磷光的增强,如实施例中对本发明组合物注射模塑成形的发光物体进行亮度测试所示。

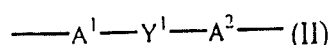
适合的热塑性树脂如聚碳酸酯、硅氧烷—聚碳酸酯嵌段共聚物、聚酯、聚烯烃、苯乙烯聚合物和苯乙烯共聚物、PVC、聚酰胺、聚苯醚、聚缩醛、聚丙烯酸酯(如聚甲基丙烯酸甲酯),以及它们的共混物。优选为聚碳酸酯和含有聚碳酸酯的共混物。与聚碳酸酯的共混物应当含有基于热塑性树脂(a)总量的至少60%重量份,优选为至少70%重量份的聚碳酸酯。在组合物含有作为组分(a)或作为部分组分(a)为聚碳酸酯的情况下,接枝共聚物的含量相对于(a)和(b)的总和优选为在1%到15%重量份之间,更优选为1%到10%重量份之间。在共混物的情况下,最优的混合物为那些含有聚碳酸酯和一种或多种下列组分的混合物:聚酯、硅氧烷—聚碳酸酯嵌段共聚物或SAN共聚物。

### 聚碳酸酯

作为这里所采用的术语“聚碳酸酯”,包括具有式(I)结构单元的聚合物:

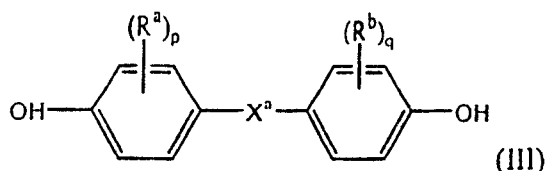


其中, R<sup>1</sup>官能团总数的至少约60%是芳香族有机基,其余为脂肪族、脂环族或芳香族基。优选地, R<sup>1</sup>为芳香族有机基,更优选为具有式(II)的基团:

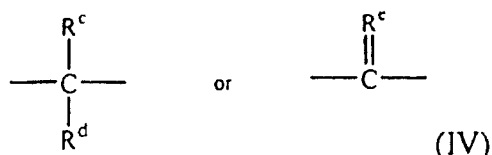


其中, A<sup>1</sup>和 A<sup>2</sup>每个为单环二价芳基, Y<sup>1</sup>为具有0、1或2个原子将 A<sup>1</sup>和 A<sup>2</sup>分开的桥接基,在一个示例性的实施方案中是一个原子分开 A<sup>1</sup>和 A<sup>2</sup>。举例性而非限制性的这种基团的例子包括—O—、—S—、—S(O)—、—S(O<sub>2</sub>)—、—C(O)—、亚甲基、环己基亚甲基、2-[2.2.1]-二亚环庚基(2-[2.2.1]-bicyclo heptyl idene)、亚乙基、亚异丙基、亚新戊基、亚环己基、亚环十五(碳)基、亚环十一(碳)基、亚金刚烷基(adamantylidene)等等。在另一个具体实施例中,零个原子分开 A<sup>1</sup>和 A<sup>2</sup>,其举例为双酚(OH-苯-苯-OH)。桥接基 Y<sup>1</sup>可以是烃基团,或饱和烃基团,如亚甲基、亚环己基或亚异丙基。

聚碳酸酯可以通过只有一个原子分隔 A<sup>1</sup>和 A<sup>2</sup>的二羟基化合物反应来制备。作为这里所使用的术语“二羟基化合物”,包括例如具有下列通式(III)的双酚化合物:



其中,  $R^a$  和  $R^b$  各自表示氢、卤原子、或单价烃基团;  $p$  和  $q$  各自表示从 0—4 的整数; 以及  $X^a$  表示用式(IV)表示的一种基团:



其中,  $R^c$  和  $R^d$  各自表示氢原子或单价线型或环状烃基, 以及  $R^c$  为二价烃基。

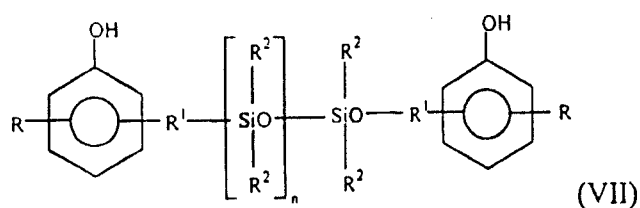
某些举例性而非限制性的适合的二羟基化合物的例子包括二羟基酚和二羟基取代芳香族烃, 如美国专利 US 4,217,438 中以化合物名或式(泛指或特指的)所公开的那些化合物。可以由式(III)表示的双酚化合物类型非排他性的特定例子包括下列化合物: 1,1-二(4-羟苯基)甲烷; 1,1-二(4-羟苯基)乙烷; 2,2-二(4-羟苯基)丙烷(后面称之为“双酚 A”或“BPA”); 2,2-二(4-羟苯基)丁烷; 2,2-二(4-羟苯基)辛烷; 1,1-二(4-羟苯基)丙烷; 1,1-二(4-羟苯基)正丁烷; 二(4-羟苯基)苯基甲烷; 2,2-二(4-羟基-1-甲苯基)丙烷; 1,1-二(4-羟基-1-丁苯基)丙烷; 二(羟基芳基)烷烃如 2,2-二(4-羟基-3-溴代苯基)丙烷; 1,1-二(4-羟苯基)环戊烷; 4,4'-二酚; 以及二(羟基芳基)环烷烃如 1,1-二(4-羟苯基)环己烷等等; 以及含有上述双酚化合物至少一种的组合。

也有可能采用来自两种或多种不同二元酚聚合得到的聚碳酸酯或二元酚与二元醇或与羟基或酸封端的聚酯的共聚物, 或与二元酸或与羧酸或与脂肪族二酸的共聚物, 在这种情况下采用碳酸酯共聚物比均聚物更加理想。一般地, 有用的脂肪族二酸具有约 2 到约 40 个碳原子。优选的脂肪族二酸为十二烷二酸。

人们已经认识到硅氧烷—聚碳酸酯嵌段共聚物具有低温延展性和阻燃性, 并且可以用作基质加入磷光颜料。这些嵌段共聚物可以通过在界面反应条件下将碳酰氯引入到二元酚(如 BPA)和羟基芳基封端的聚二有机硅氧烷的混合物中而制得。这些反应物的聚合反应可以通过季铵盐催化剂来加速。

一些可以采用的羟基芳基封端的聚二有机硅氧烷包括式(VII)的苯酚-

硅氧烷:



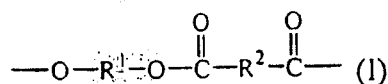
其中, 每一个 R 可以相同或不同, 选自氢、卤原子、C<sub>(1-8)</sub>烷氧基、C<sub>(1-8)</sub>烷基和 C<sub>(6-13)</sub>芳基, R<sup>1</sup> 为 C<sub>(2-8)</sub>二价脂肪族基, R<sup>2</sup> 选自相同或不同的 C<sub>(1-13)</sub>单价有机基团, 以及 n 为大于或等于 1 的整数, 优选为大于或等于约 10, 更优选为大于或等于约 25, 最优选为大于或等于约 40。同样优选的是, n 为小于或等于 1000 的整数, 优选为小于或等于 100, 更优选为小于或等于约 75, 最优选为小于或等于约 60。

一些包括在上述式(VII)R 中的基团为卤原子基(如溴代和氯代); 烷基(如甲基、乙基和丙基); 烷氧基(如甲氧基、乙氧基和丙氧基); 芳基(如苯基、氯代苯基、甲苯基)。包括在 R<sup>1</sup> 中的基为, 例如 C<sub>(1-13)</sub>烷基、卤代烷基(如三氟代丙基和氰基烷基)、芳基(如苯基、氯代苯基、甲苯基)。R<sup>2</sup> 优选为甲基, 或甲基与三氟代丙基的混合物, 或甲基与苯基的混合物。

硅氧烷—聚碳酸酯嵌段共聚物的重均分子量(M<sub>w</sub>, 通过例如超速离心或光散射法测量)为大于或等于约 10,000, 优选为大于或等于约 20,000。同样优选的重均分子量小于或等于约 200,000, 进一步优选为小于或等于约 100,000。一般希望具有聚有机硅氧烷结构单元占硅氧烷—聚碳酸酯共聚物总重量的约 0.5% 到约 80% 重量份。硅氧烷链段的链长相当于约 10 到约 100 个化学结合的有机硅氧烷结构单元。它们可以通过如美国专利 US 5,530,083A 中描述的方法来制备。

### 聚酯

适合的聚酯树脂包括由一种脂肪族、脂环族或芳香族二醇, 或含有从约 2 到约 10 个碳原子的至少一种前述化合物、和至少一种芳香族二羧酸衍生的化合物。优选的聚酯为由一种脂肪族二醇和一种芳香族二羧酸衍生的聚酯, 具有下述重复结构单元的通式(I):



其中,  $R^1$  为含有平均 2 到约 12 个碳原子的烷基或脂环族基, 并且是平均具有 2 到约 12 个碳原子的直链、接枝或脂环族烷基二醇基团, 或它们的化学等价物。 $R^2$  为含有 6 到约 20 个碳原子的芳基, 并且是由具有 6 到约 20 个碳原子的二酸衍生的脱羧基基团, 或它们的化学等价物。

二醇可以是甘醇类, 如乙二醇、丙二醇、亚丙基二醇、2-甲基-1,3-丙二醇、己二醇、1,10-癸二醇、环己基二甲醇、或新亚戊基二醇; 或者是二醇如 1,4-丁二醇、氢醌、或对苯二酚。

脱羧基基团  $R^2$  表示的芳香族二羧酸的例子为间苯二甲酸或对苯二甲酸、1,2-二(对羧苯基)乙烷、4,4'-二羧基二苯基醚、4,4'-二苯甲酸, 以及含有至少一种上述化合物的组合物。所有这些酸含有至少一个芳香环。也可以为含有稠环的酸, 如 1,4-、1,5-或 2,6-萘二羧酸。优选的二羧酸为对苯二甲酸、间苯二甲酸、萘二羧酸或含有至少一种上述二羧酸的组合物

这里还考虑在上述聚酯中加入少量, 例如从约 0.5 %到约 30 %重量份的由脂肪族酸和或脂肪族多元醇衍生的结构单元, 以形成共聚聚酯。脂肪族多元醇包括甘醇类, 如聚乙二醇。这些聚酯可以根据如美国专利 US 2,465,319 和 US 3,047,539 的教导而制备。

嵌段共聚物树脂组分也是有用的, 可以通过(a)直链或支链的聚(1,4-邻苯二甲酸丁酯)和(b)线型脂肪族二羧酸和可任选地用一种芳香族二元酸(如对苯二甲或间苯二甲)与一种或多种直链或支链的二羟基脂肪醇进行酯交换反应来制备。例如, 聚(1,4-对苯二甲酸二丁酯)与己二酸和乙二醇的聚酯混合, 将混合物加热到 235°C 以使组分熔融, 随后在真空下进一步加热, 直到形成嵌段共聚聚酯的反应完成。作为第二种组分, 可以是取代的聚(新戊基脂肪)、聚(1,6-壬二酸-共间苯二甲酸己酯)[poly(1,6-hexylene azelate-co-isophthalate)]、聚(1,6-己二酸-共间苯二甲酸己酯)等。典型的这种类型嵌段共聚物如已经有马萨诸塞州匹兹菲尔德市通用电气公司(General Electric Company)的商品名为 VALOX 330 的产品。

聚酯树脂可以是脂环族聚酯。适合的脂环族聚酯树脂为含有一种  $C_{2-12}$  的脂肪族二醇或其化学等价物与一种  $C_{6-12}$  脂肪族二酸或其化学等价物的反应产物的树脂, 所述脂环族聚酯树脂含有至少约 80 %重量份的脂环族二羧酸或其化学等价物和/或脂环族二醇或其化学等价物。

优选的聚酯分子衍生自脂环族二醇和脂环族二酸化合物, 特别是聚环

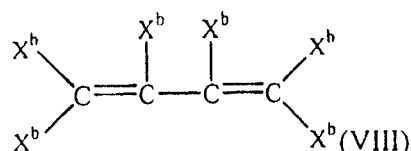
己基二甲醇环己基二羧酸酯。只具有一个环结构单元的聚酯也可以采用。最优的聚酯既具有脂环族二酸组分，又具有脂环族二醇组分，如聚环己基二甲醇环己基二羧酸酯。

本发明组合物中第二种重要的组分为接枝共聚物。

热塑性组合物含有一种聚碳酸酯树脂和一种或多种下列热塑性树脂的共混物作为组分(a)：热塑性聚酯树脂和硅氧烷聚碳酸酯嵌段共聚物可以进一步通过它们适合的根据 ASTM D256 标准测定的缺口悬臂梁式冲击强度进行鉴定。在 0°C 或优选在 -10°C 或更优选在 -30°C 或 -40°C 而最优选在 -50°C 下，该缺口悬臂梁式冲击强度值至少为 10 ft-lb/inch(至少 530 J/m)。

### 接枝共聚物

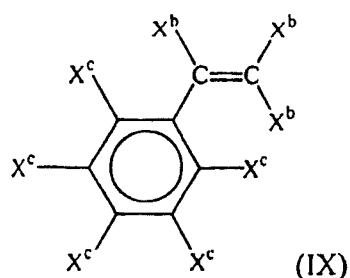
接枝聚合物具有高度接枝的橡胶基体。该橡胶基体的玻璃化转变温度优选为低于室温，更优选为低于 -10°C。接枝基体的含量优选为大于 5%，更优选为大于接枝聚合物的 25% 重量份。一个或多个单体被接枝在橡胶基体或骨架上。橡胶形成接枝聚合物的骨架，并且该橡胶优选为具有式(VIII)的共轭二烯聚合物：



其中， $X^b$  为氢、 $C_{1-5}$  烷基、氯或溴。可用的二烯的例子为丁二烯、异戊二烯、1,3-庚二烯、甲基-1,3-戊二烯、2,3-二甲基-1,3-丁二烯、2-乙基-1,3-戊二烯；1,3-和 2,4-己二烯、氯代和溴代丁二烯(如二氯代丁二烯、溴代丁二烯、二溴代丁二烯)、包含前述二烯中至少一种的混合物等等。优选的共轭二烯为丁二烯。也可以采用共轭二烯与其它单体的共聚物，例如，丁二烯-苯乙烯、丁二烯-丙烯腈的共聚物等。

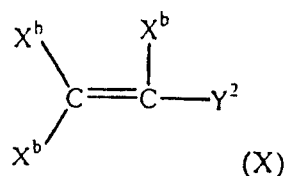
或者，骨架可以是丙烯酸酯橡胶，如基于丙烯酸正丁酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸 2-乙基己酯、及前述至少一种的混合物的丙烯酸酯橡胶。此外，少量的二烯可以在丙烯酸酯骨架中共聚合，以得到改善的接枝度。

在骨架聚合物存在时聚合。一种优选的接枝单体类型是具有式(IX)的苯乙烯基芳香族烃：



其中,  $X^b$  如上定义,  $X^c$  为氢、 $C_{1-10}$  烷基、 $C_{1-10}$  环烷基、 $C_{1-10}$  烷氧基、 $C_{6-18}$  烷基、 $C_{6-18}$  芳基烷基、 $C_{6-18}$  芳氧基、氯、溴等。例子包括苯乙烯、3-甲基苯乙烯、3,5-二乙基苯乙烯、4-正丙基苯乙烯、 $\alpha$ -甲基苯乙烯、 $\alpha$ -甲基乙基甲苯、 $\alpha$ -氯代苯乙烯、 $\alpha$ -溴代苯乙烯、二氯苯乙烯、二溴苯乙烯、四氯苯乙烯、以及包括至少一种上述化合物的混合物。优选的单乙烯基芳香族烃为苯乙烯和/或  $\alpha$ -甲基苯乙烯。

第二种类型可在聚合物骨架存在下聚合的接枝单体为具有式(X)的丙烯酸单体:



其中,  $X^b$  如前定义,  $Y^2$  为氰基、 $C_1-C_{12}$  烷氧基羰基等。这样的丙烯酸单体的例子包括丙烯腈、乙基丙烯腈(ethacrylonitrile)、甲基丙烯腈、 $\alpha$ -氯代丙烯腈、 $\beta$ -氯代丙烯腈、 $\alpha$ -溴代丙烯腈、 $\beta$ -溴代丙烯腈、丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸丁酯、丙烯酸丙酯、丙烯酸异丙酯、以及含有至少一种前述单体的混合物。优选的单体包括丙烯腈、丙烯酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯。

也可以采用接枝单体的混合物以得到一个接枝共聚物。优选的混合物含有单乙烯基芳香族烃和丙烯酸单体。优选的接枝共聚物包括丙烯腈—丁二烯—苯乙烯(ABS)和甲基丙烯酸甲酯—丁二烯—苯乙烯(MBS)树脂。

接枝共聚物可以以核—壳结构聚合物形式存在, 由一个类似橡胶的核, 在其上接枝一种或多种壳来形成。从而核大体上由丙烯酸酯橡胶或丁二烯橡胶组成, 而壳优选为含有乙烯基芳香族化合物和/或乙烯基氰和/或(甲基)丙烯酸烷基酯。核和/或壳常常含有多官能团化合物可以作为交联剂和/或接

枝剂。这些聚合物常常通过几个阶段来制备。

接枝共聚物增强了本发明组合物的发磷光性。它们也增加了组合物的抗冲击强度。接枝共聚物的适合量在组合物的1%重量份，优选为从1%到10%重量份。

本发明组合物的模塑成形制品在温度降到 $-50^{\circ}\text{C}$ 时1/8英寸(3.2 mm)标准试件是否可能得到至少10 ft-lb/inch(530J/m)的缺口悬臂梁式冲击强度，这要取决于接枝共聚物的含量、磷光颜料和它们精确的化学成分。

### 具有铝酸盐基质的磷光颜料(磷光体)及该磷光体的美观效应

铝酸盐可以用它最简单的形式，由式 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 表示。然而众所周知的是，铝酸盐可以以不同化学式的各种各样略微不同的形式出现。所有具有磷光性质和具有一种或多种下述金属离子(钙、锶和钡)的金属铝酸盐都可以应用于本发明的组合物中。由本发明组合物模塑成的制品是发磷光的。荧光和磷光在分子水平上是非常相似的两种现象。它们发生在当一个物体吸收了一定波长的辐射并重新发出不同波长的光子时。典型地，磷光的发射持续超过 $10^{-4}$ 秒(并有可能持续几分钟到几小时)，而荧光是极其短暂的现象，持续在 $10^{-4}$ 到 $10^{-9}$ 秒之间。当磷光或荧光分子吸收光时，电子被激发到更高的振动能级上。随后分子通过碰撞和内部能量转化失去其多余的振动能量，并回到第一激发态的最低振动能级。从该能级，分子可以回到基态的任何振动能级上，以荧光的形式放出它的能量。

长余辉的磷光颜料一般吸收波长在200 nm—450 nm之间的光。结果，具有最重要的UV分布的光源最有效地激活磷光制剂。D65发光体(6500 K光源)是优秀的包括UV范围的日光再现光源。在MacBeth光室中的D65发光体经过10分钟后，由本发明热塑性树脂组合物模塑成的颜色片表现出强烈的初始发光，并在数小时内以指数级递减。在组合物透明或半透明情况下，值得注意地是在颜色片边缘发光是显著的强烈，因为热塑性树脂可以作为波导，从而产生“边缘发光”效应。1小时之后，从颜色片表面发射出来的光，仍然是人眼可见光阈值( $0.003 \text{ mCd/m}^2$ )的4000倍。由于边缘发光效应可以识别在模塑件的强光特征(accent feature)，它增加了令人感兴趣的设计上的可能性。通过添加光散射剂，典型的但非限制性的如二氧化钛、氧化锌或Teflon<sup>®</sup>，可以减少边缘发光效应。散射剂不仅使部件在晚上发光更

加均匀，而且将具有着色的可能性。已经得到了鲜明的颜色(如蓝、黄、绿、紫、淡红和橙色)，并且不管着色剂是否存在，它的发光性能均类似于或优于不含散射剂的配方。

必须注意到某些磷光颜料没有 UV 能量就可以被光源高效地激活。这些磷光体确实可以被室内光源(如白色荧光冷光)快速激活。在与光散射剂(如二氧化钛)和其它着色剂配合使用时，它们是优选的具体实施方案。这些特殊磷光体的另一个重要应用是应用于含有 UV 稳定剂的配方中，因为稳定剂屏蔽 UV 能量，从而不能使通常的磷光体快速而有效地激活。

适合的含有铝酸盐基质的磷光颜料的化学结构已经在上述专利中进行说明，特别是美国专利 US 5,424,006 中。优选使用已经掺杂铕的、更优选掺杂铕和至少一种助掺杂剂的磷光颜料。

这些磷光颜料都是 Nemoto & Co 或 Honeywell 现成的产品，具有不同粒度。

对于应用到本发明热塑性组合物的磷光颜料，其粒度并不重要。比平均粒度为 20 微米的颗粒更粗的颗粒也能使用。粒度可以通过激光衍射法测量，更精确的称之为小角激光散射法(LALLS)。该方法的一般说明可参见例如 ISO 13320，一种新的关于激光衍射法进行粒度分析的国际标准。

### 本发明组合物中的其它组分

本发明组合物中还可以包括另外的添加剂，如抗氧化剂、脱模剂、阻燃剂、或任何组合以在日光下得到理想的美观外表的着色剂和 UV 稳定剂。本发明的组合物中也可能加入散射助剂，如二氧化钛。

或者，热塑性组合物还可以包括，基于组合物总质量的多达约 15 %重量份的，优选为不大于约 10 %重量份的一种细粒的无机填料，以得到模塑组合物理想的加工性能和物理性能。这些性能包括热稳定性、高密度、硬度、低的蠕变，以及结构(texture)。典型的无机填料包括但不限于氧化铝、无定形二氧化硅、无水硅酸铝、云母、长石、粘土、滑石、玻璃薄片、玻璃纤维、玻璃微球、硅灰石，金属氧化物如二氧化钛、硫化锌、地石英等。优选的无机填料包括氧化锌、硫酸钡和玻璃纤维、以及至少一种前述的混合物。硫酸钡可以为天然形成的重晶石的形式，或者合成衍生的硫酸钡的形式。颗粒最大粒度可以不同，可以小于或等于约 50 微米，优选为小于或

等于约 15 微米，更优选为小于或等于约 10 微米。同样优选的是最大粒度大于或等于约 0.1 微米，更优选为大于或等于约 1 微米，特别理想的是大于或等于约 2 微米。

其它添加剂，如稳定剂和颜料，也可以如本领域公知的在组合物中少量存在(例如，少于总组合物的约 3 %重量份)。

### 制造本发明组合物的方法

本发明的组合物可以根据用于包括热塑性树脂组合物的公知的方法来制备。该组合物优选为通过熔融混合所需的组分，随后通过在挤出机中挤出和造粒来制备。考虑到有时候发生的应用到本发明组合物中的硬磷光颜料加工的困难性，一开始就制成包括部分或全部热塑性树脂和/或部分或全部接枝共聚物与磷光颜料一起混合的浓缩物。适合的浓缩物包括至少 5 %重量份的磷光颜料。例如，通常采用含有 30 %重量份的磷光颜料。这样的浓缩物优选为在挤出过程中采用侧进料机将其引入组合物中(如加入熔融物中)。

### 本发明组合物制备的物体

根据本发明组合物的树脂配方适合于，例如，制备下列场合应用的物体：如工业设备、计算机及辅助设备、消费电子产品、通讯产品(手机电话、个人数据处理器、无线设备)，汽车工业(把手、仪表板和反光镜)，以及安全帽、个人防护品和安全用品，既需要聚碳酸酯的物理性能，又需要因为美观目的而在黑暗中发光的效应。另一种应用可以是光盘媒体，特别是用于如 DVD—5 和 DVD—9 的光盘的非信息面(没有被读取激光穿过的盘半面)。

### 实施例

#### 实施例 1:

下列组合物通过在一个挤出机中熔融混合指定的组分来制备。配方 A 和 C 用于对比的目的，配方 B 和 D 根据本发明。

#### 聚碳酸酯树脂配方 1A:

100 份分子量(MW)为 29,900 的聚(双酚 A 碳酸酯)

0.06 份 2,4-二-叔丁基酚亚磷酸酯(3: 1)

0.27 份季戊四醇四硬脂酸酯

2.0 份预先在 260℃干燥 4 小时的 Luminova G300X(UMC—Nemoto; 平均粒度约为 20 微米)。

聚碳酸酯树脂配方 1B:

100 份分子量(MW)为 29,900 的聚(双酚 A 碳酸酯)

0.10 份 2,4-二-叔丁基酚亚磷酸酯

0.20 份抗氧化剂 Seenox 412S

0.30 份抗氧化剂 1076

0.45 份聚( $\alpha$ -烯烃)Ethylflo 166

6.50 份 MBS 抗冲击改性剂(甲基丙烯酸酯—丁二烯—苯乙烯共聚物)

2.0 份预先在 260℃干燥 4 小时的 Luminova G300X(UMC—Nemoto; 平均粒度约为 20 微米)。

聚碳酸酯树脂配方 1C 通过混合制备:

100 份分子量(MW)为 29,900 的聚(双酚 A 碳酸酯)

0.06 份 2,4-二-叔丁基酚亚磷酸酯(3: 1)

0.27 份季戊四醇四硬脂酸酯

5.0 份预先在 260℃干燥 4 小时的 Luminova G300X(UMC—Nemoto; 平均粒度约为 20 微米)。

聚碳酸酯树脂配方 1B:

100 份分子量(MW)为 29,900 的聚(双酚 A 碳酸酯)

0.10 份 2,4-二-叔丁基酚亚磷酸酯

0.20 份抗氧化剂 Seenox 412S

0.30 份抗氧化剂 1076

0.45 份聚( $\alpha$ -烯烃)Ethylflo 166

6.50 份 MBS 抗冲击改性剂(甲基丙烯酸酯—丁二烯—苯乙烯共聚物)

5.0 份预先在 260℃干燥 4 小时的 Luminova G300X(UMC—Nemoto; 平均粒度约为 20 微米)。

已经添加 Ethylflo 作为润滑剂。在采用双螺杆挤出机在 290℃挤出后, 批量造粒。在注模之前将树脂颗粒在 120℃干燥 5 小时。测试件和 2"×3"×0.100"(如 5.1×7.6×0.254 cm)颜色片在约 300℃注射成型。与配方 1A 到 1D 相关的颜色片在一台 MacBeth Spectra II 光箱(light booth)中在 D65 光源

下曝露 15 分钟。由发光密度表示的发光性能用一台 Minolta LS—100 亮度计在一个与外部光隔离的定制夹具(custom fixture)中进行测量。测量在测试片置于完全黑暗中 100 秒和 200 秒后进行。亮度值总结于表 1 中。

由配方 1A 到 1D 模塑成的试件的物理性质根据 ASTM 方法测量并记录,也记录在表 1 中。

值得注意的是,具有接枝共聚物的配方 1B 和 1D 具有更高的发光亮度,即,在经过 100 秒和 200 秒之后用亮度值表示的更好的发光性能。只添加 2% 颜料,本发明配方 1B 的余辉差不多是普通聚碳酸酯组合物 1A 的 2 倍亮。

物理性质测试的结果,尤其是缺口悬臂梁式测试(Notched Izod)结果,清楚地表明接枝共聚物也对树脂配方的延展性作成贡献。在配方 1B 的情况下,该材料即使在 $-30^{\circ}\text{C}$ 下还完全延展,缺口悬臂梁式冲击(Notched Izod impact)值大于 8 lbf/in (420 J/m)。

表 1

性能	单位	测量方法	1A	1B	1C	1D
100 秒后的发光度, 厚度 2.54 mm	mCd/m <sup>2</sup>	专用	46	97	166	202
200 秒后的发光度, 厚度 2.54 mm	mCd/m <sup>2</sup>	专用	25	54	94	116
拉伸强度, 类型 1, 屈服, 0.125"(3.2 mm)	Psi (MPa)	ASTM D 638	8780 (62)	7510 (53)	8750 (62)	7370 (52)
拉伸强度, 类型 1, 断裂, 0.125"(3.2 mm)	Psi (MPa)	ASTM D 638	9230 (65)	8240 (58)	8190 (58)	7770 (55)
拉伸伸长, 类型 1, 屈服, 0.125"(3.2 mm)	%	ASTM D 638	6.9	4.9	5.9	4.8
拉伸伸长, 类型 1, 断裂, 0.125"(3.2 mm)	%	ASTM D 638	130	140	100	130
挠曲强度, 0.125"(3.2 mm)	Psi (MPa)	ASTM D 790	14500 (102)	11900 (84)	14600 (103)	11700 (82)
挠曲模量, 0.125"(3.2 mm)	Psi (MPa)	ASTM D 790	346000 (2440)	295000 (2080)	361000 (2540)	209000 (2180)
缺口悬臂梁式冲击(%延展 性), 0.125"(3.2 mm), 23℃	ft-lb/in [J/m]	ASTM D 256	3.7(0%) [196]	14(100%) [742]	2.1(0%) [110]	11(100%) [583]
测量冲击能量@峰值, 23℃	ft-lbs [J]	ASTM D 3763	31.6 [43]	34.1 [46]	39.7 [54]	34.3 [46]
缺口悬臂梁式冲击, 0.125"(3.2 mm), -30℃	ft-lb/in [J/m]	ASTM D256	2.8(0%) [149]	8.3(100%) [440]	1.9(0%) [101]	3.7(0%) [197]
熔融体积膨胀率, 300℃, 1.2 kgf, 1"(2.54 cm)	cm <sup>3</sup> /10min	ASTM D 1238	10.57	12.04	20.22	15.97
HDT, 66 psi(0.45MPa), 0.125"(3.2mm), 未退火	℃	ASTM D648	140.9	115.0	138.6	113.9
HDT, 264 psi(1.82MPa), 0.125"(3.2mm), 未退火	℃	ASTM D648	129.0	103.2	127.1	103.4

## 实施例 2:

根据下列组分制备的两种聚碳酸酯树脂配方。

### 聚碳酸酯树脂配方 2E:

80 份分子量(MW)为 29,900 的聚(双酚 A 碳酸酯)

20 份分子量(MW)为 21,900 的聚(双酚 A 碳酸酯)

9.10 份聚碳酸酯—硅氧烷共聚物(20%主要为 D50 的硅氧烷)

0.11 份 2,4-二叔丁基酚亚磷酸酯

0.22 份抗氧化剂 Seenox 412S

0.33 份抗氧化剂 1076

4.60 份 MBS 抗冲击改性剂(甲基丙烯酸酯—丁二烯—苯乙烯共聚物)

### 聚碳酸酯树脂配方 2F:

80 份分子量(MW)为 29,900 的聚(双酚 A 碳酸酯)

20 份分子量(MW)为 21,900 的聚(双酚 A 碳酸酯)

9.10 份聚碳酸酯—硅氧烷共聚物(20%主要为链长约 50 个单元的硅氧烷)

0.11 份 2,4-二叔丁基酚亚磷酸酯

0.22 份抗氧化剂 Seenox 412S

0.33 份抗氧化剂 1076

4.60 份 MBS 抗冲击改性剂(甲基丙烯酸酯—丁二烯—苯乙烯共聚物)

3 份预先在 260℃干燥 4 小时的 Luminova G300FFS(UMC—Nemoto, 平均粒度小于 2 微米)。

在采用双螺杆挤出机在 290℃挤出后, 批量造粒。在模塑前树脂颗粒在 120℃干燥 5 小时。测试试件和 2" × 3" × 0.100"(如 5.1 × 7.6 × 0.254 cm)颜色片在约 300℃注射成型。与配方 2F 相关的颜色片在一台 MacBeth Spectra II 光箱(light booth)中在 D65 光源(1000 lux)下曝露 15 分钟。用发光密度表示的发光性能通过一台 Minolta LS—100 亮度计在一个与外部光隔离的定制夹具(custom fixture)中进行测量。

由配方 2E 和 2F 注塑成型试件的物理性质根据 ASTM 方法测量并记录, 也记录在表 2 中。

必须注意地是, 由配方 2F 模塑成型的测试片表现出更强的初始发光率(一般大于 1000 mCd/m<sup>2</sup>), 并在几小时内呈指数级衰减。在完全黑暗下, 10

分钟后,发光率(用试件发出光的亮度表示)仍然为约  $30 \text{ mCd/m}^2$ ,超过了关于磷光安全设备的欧洲标准 DIN—65310 定义的要求。5 小时后,由颜色片表面发出的光仍然大于  $0.30 \text{ mCd/m}^2$ ,仍然比人眼可见阈值( $0.003 \text{ mCd/m}^2$ )大 100 倍。从而即使除去激活磷光试件的光源 5 小时后,发光在完全黑暗中还是可见的。总之,这样的配方很轻松就能符合对于发光强度和发光持久度的欧洲标准。

这样配方的低温延展性的举例是通过在仪器冲击测试中在  $-30^\circ\text{C}$  时缺口悬臂梁式冲击强度仍大于  $11 \text{ lbf/in}$ ( $585 \text{ J/m}$ ),在  $-40^\circ\text{C}$  时才完全韧性破坏(ductile failure)。这清楚地表明该材料适合于应用在既需要强发光,又需要高的物理性质能的场合,例如磷光性安全帽。

表 2

性能	单位	测量方法	2E	2F
拉伸强度, 类型 1, 屈服, 0.125"(3.2 mm)	Psi [MPa]	ASTM D 638	7900 [56]	7660 [54]
拉伸强度, 类型 1, 断裂, 0.125"(3.2 mm)	Psi [MPa]	ASTM D 638	9240 [65]	8460 [60]
拉伸伸长, 类型 1, 屈服, 0.125"(3.2 mm)	%	ASTM D 638	6.0	5.8
拉伸伸长, 类型 1, 断裂, 0.125"(3.2 mm)	%	ASTM D 638	127	118
挠曲强度, 0.125"(3.2 mm)	Psi [MPa]	ASTM D 790	13200 [93]	12800 [90]
挠曲模量, 0.125"(3.2 mm)	Psi [MPa]	ASTM D 790	31500 [2220]	31800 [2240]
测量冲击能量(%延展性)@峰值, 23°C	ft-lbs [J]	ASTM D 3763	50.4[68] (100%)	47.0[64] (100%)
测量冲击能量(%延展性)@峰值, -40°C	ft-lbs [J]	ASTM D 3763	55.3[75] (100%)	45.8[61] (100%)
缺口悬臂梁式冲击, 0.125"(3.2 mm), 23°C	ft-lb/in [J/m]	ASTM D 256	14.9[790] (100%)	14.9[790] (100%)
缺口悬臂梁式冲击, 0.125"(3.2 mm), -30°C	ft-lb/in [J/m]	ASTM D 256	13.0[690] (100%)	11.7[620] (100%)
缺口悬臂梁式冲击, 0.125"(3.2 mm), -40°C	ft-lb/in [J/m]	ASTM D 256	12.9[685] (100%)	11.5[610] (80%)
熔融体积膨胀率, 300°C, 1.2 kgf, 1"(2.54 cm)	cm <sup>3</sup> /10min	ASTM D 1238	6.78	9.43
HDT, 66 psi(0.45MPa), 0.125"(3.2mm), 未退火	°C	ASTM D648	138.7	137.3
HDT, 264 psi(1.82MPa), 0.125"(3.2mm), 未退火	°C	ASTM D648	124.8	123.1

### 实施例 3

两种聚碳酸酯和 SAN 的共混物如下制备:

组合物

实施例 3A 和 3B:

26 重量份分子量(MW)为 29,900、由双酚 A 衍生的聚碳酸酯;

48 重量份分子量(MW)为 21,900、由双酚 A 衍生的聚碳酸酯;

13 重量份丙烯腈含量约为 25%重量份的苯乙烯—丙烯腈共聚物;

13 重量份的接枝共聚物,其中含有 50%重量份的丁二烯接枝基体,

其上已经接枝有按约 4:1 重量比分配的苯乙烯和丙烯腈;

重量份抗氧化剂 1076

重量份季戊四醇四硬脂酸酯;

重量份亚磷酸盐稳定剂; 以及

3 重量份磷光剂: 实施例 4A 中为 Luminova G—300F, 实施例 4B 中为 Luminova G—300M。

实施例 3C 和 3D:

29.77 重量份分子量(MW)为 29,900、由双酚 A 衍生的聚碳酸酯;

55.29 重量份分子量(MW)为 21,900、由双酚 A 衍生的聚碳酸酯;

14.94 重量份苯乙烯含量约为 25%重量份的苯乙烯—丙烯腈共聚物;

重量份抗氧化剂 1076

重量份季戊四醇四硬脂酸酯;

重量份亚磷酸盐稳定剂; 以及

3 重量份磷光剂: 实施例 4C 中为 Luminova G—300F, 实施例 4D 中为 Luminova G—300X。

各组分在约 260°C 左右在一个双螺杆挤出机中混合并造粒。该材料在模塑成园片(直径 12 cm, 厚度 3.2 cm)之前在 100°C 左右干燥 2 小时, 压辊温度 260°C。制备该园片用于如实施例 1 所述进行测量。每一种测量进行两次, 其平均值如表 3 所示。

从表 3 中可以看出, 实施例 4A 和 4B 中的组合物(其中包括一种接枝共聚物), 与实施例 4C 和 4D 中的组合物相比, 具有显著改善的亮度。

表 3

实施例	经过一定时间后的发光度 $\text{mCd}/\text{m}^2$				CIELAB 颜色标定值		
	100 秒	200 秒	5 分钟	10 分钟	L	a	B
3A	180	99	69	35	76.431	-3.136	6.862
3B	173	95	66	36	74.725	-2.102	7.901
3C	118	66	47	25	55.232	-0.570	1.552
3D	121	66	46	25	53.564	-0.040	2.104

实施例 3A 至 3D 物理测试的结果记录在表 4 中。从表 3 和表 4 显示的数据可以得出结论，实施例 3A 和 3B 与对比实施例 3C 和 3D 相比，都表现出发光性能改善和抗冲击性能提高的综合效果。

表 4

性能	单位	方法	3A	3B	3C	3D
拉伸强度, 类型 1, 屈服, 0.125"(3.2 mm)	Psi	ASTM D 638	8061	8038	9284	9274
	[MPa]		[57]	[57]	[66]	[66]
拉伸强度, 类型 1, 断裂,	Psi	ASTM D 638	6718	6719	7209	7516
	[MPa]		[47]	[47]	[51]	[53]
拉伸伸长, 类型 1, 屈服, 0.125"(3.2 mm)	%	ASTM D 638	4.90	4.92	5.30	5.30
拉伸伸长, 类型 1, 断裂, 0.125"(3.2 mm)	%	ASTM D 638	69.74	100.41	74.01	65.30
缺口悬臂梁式冲击,	ft-lb/in	ASTM D 256	4.38	4.04	1.34	1.18
	[J/m]		[232]	[214]	[71]	[62]
缺口悬臂梁式冲击,	ft-lb/in	ASTM D 256	2.22	2.03	1.14	1.13
	[J/m]		[117]	[107]	[60]	[60]
缺口悬臂梁式冲击,	ft-lb/in	ASTM D 256	1.87	1.92	1.11	1.19
	[J/m]		[99]	[102]	[59]	[63]
熔融体积膨胀率, 300°C, 1.2 kgf, 1"(2.54 cm)	cm <sup>3</sup> /10min	ASTM D 1238	22.606	21.033	30.652	31.258
HDT, 66 psi(0.45MPa), 0.125"(3.2mm), 未退火	°C	ASTM D 648	132.4	132.3	133.3	133.5
HDT, 264 psi(1.82MPa), 0.125"(3.2mm), 未退火	°C	ASTM D 648	114.5	113.8	117.7	117.6