



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110168762 B

(45) 授权公告日 2023.05.19

(21) 申请号 201880006180.0

金志勋

(22) 申请日 2018.06.18

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110168762 A

专利代理师 赵丹 冷永华

(43) 申请公布日 2019.08.23

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据
10-2017-0079706 2017.06.23 KR

H10K 85/10 (2023.01)

H01L 31/0256 (2006.01)

H10K 85/60 (2023.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.07.08

H10K 30/80 (2023.01)

H10K 30/20 (2023.01)

H10K 30/50 (2023.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2018/006834 2018.06.18

(56) 对比文件

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/236100 KO 2018.12.27

CN 105315298 A, 2016.02.10

JP 2016006807 A, 2016.01.14

US 2017057962 A1, 2017.03.02

(73) 专利权人 株式会社LG化学
地址 韩国首尔

审查员 王昱豪

(72) 发明人 崔斗焕 李志永 林潜圭 张松林

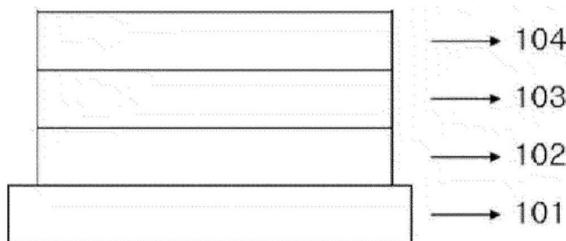
权利要求书6页 说明书25页 附图3页

(54) 发明名称

有机太阳能电池

(57) 摘要

本说明书涉及有机太阳能电池,所述有机太阳能电池包括:第一电极;第二电极;和包括光活性层的一个或更多个有机材料层,其中所述光活性层包含电子供体和电子受体,所述电子供体包含含有由化学式1表示的第一单元、由化学式2表示的第二单元和由化学式3表示的第三单元的聚合物,以及所述电子受体包含基于非富勒烯的化合物。



1. 一种有机太阳能电池,包括:

第一电极;

与所述第一电极相对设置的第二电极;和

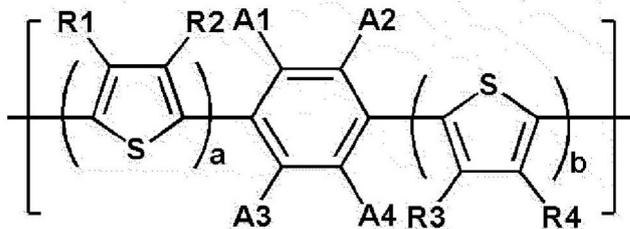
一个或更多个有机材料层,所述一个或更多个有机材料层设置在所述第一电极与所述第二电极之间并且包括光活性层,

其中所述光活性层包含电子供体和电子受体,

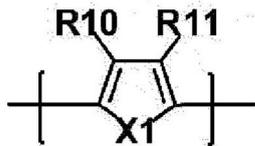
所述电子供体包含含有由以下化学式1表示的第一单元、由以下化学式2表示的第二单元和由以下化学式3表示的第三单元的聚合物,以及

所述电子受体包含基于非富勒烯的化合物:

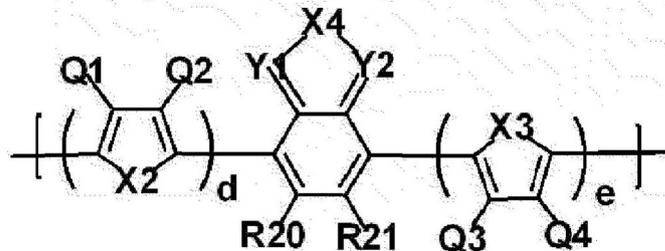
[化学式1]



[化学式2]



[化学式3]



在化学式1至3中,

X1至X4彼此相同或不同,并且各自独立地选自CRR'、NR、O、SiRR'、PR、S、GeRR'、Se和Te;

Y1和Y2彼此相同或不同,并且各自独立地选自CR''、N、SiR''、P和GeR'';

R、R'、R''、Q1至Q4、R1至R4、R10和R11彼此相同或不同,并且各自独立地为氢;氘;卤素基团;腈基;硝基;羟基;经取代或未经取代的烷基;经取代或未经取代的环烷基;经取代或未经取代的烷氧基;经取代或未经取代的芳氧基;经取代或未经取代的烯基;经取代或未经取代的芳基;或者经取代或未经取代的杂环基;

R20和R21彼此相同或不同,并且各自独立地为经取代或未经取代的烷氧基;或者经取代或未经取代的芳氧基;

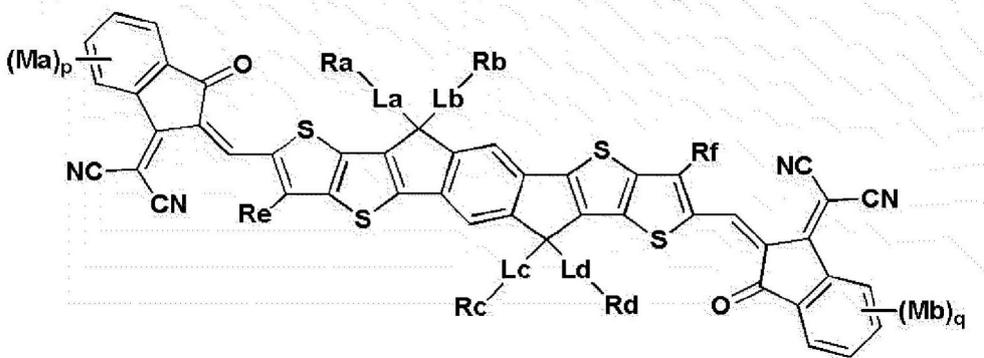
a和b彼此相同或不同,并且各自为1至3的整数;

d和e彼此相同或不同,并且各自为0至3的整数;

当a、b、d或e各自为2或更大时，两个或更多个括号中的结构彼此相同或不同；以及A1至A4彼此相同或不同，并且各自独立地为氢、氟或氯，并且A1至A4中的至少一者为氟或氯，

其中所述基于非富勒烯的化合物由以下化学式A表示：

[化学式A]



在化学式A中，

Ra至Rf彼此相同或不同，并且各自独立地为氢；或者经取代或未经取代的烷基；

La至Ld彼此相同或不同，并且各自独立地为经取代或未经取代的亚芳基；或者经取代或未经取代的二价杂环基；

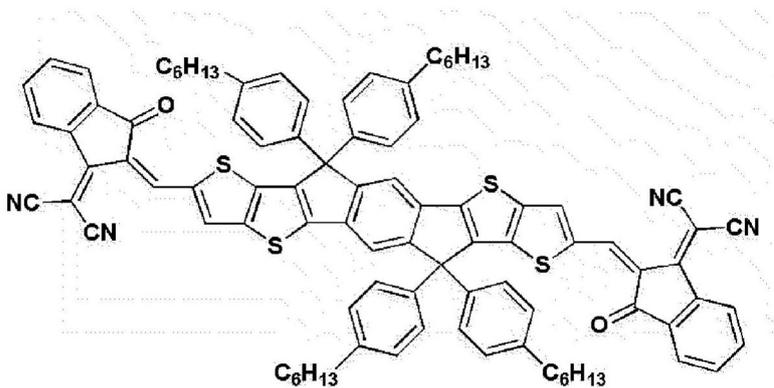
Ma和Mb彼此相同或不同，并且各自独立地为氢；卤素基团；或者经取代或未经取代的烷基；

p和q彼此相同或不同，并且各自独立地为0至2的整数；并且

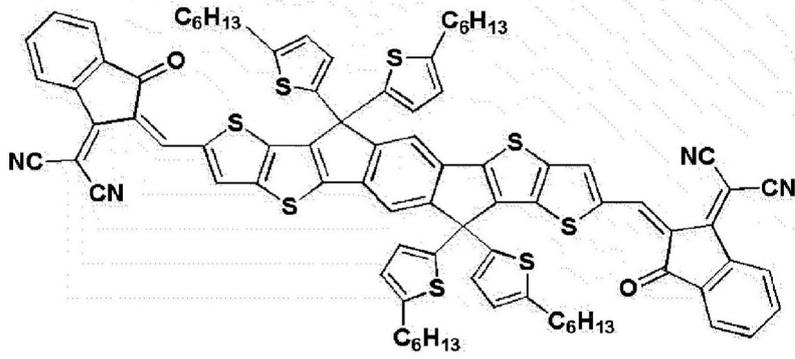
当p或q各自为2时，括号中的结构彼此相同。

2. 根据权利要求1所述的有机太阳能电池，其中由化学式A表示的化合物为以下化学式A-1至A-5中的任一者：

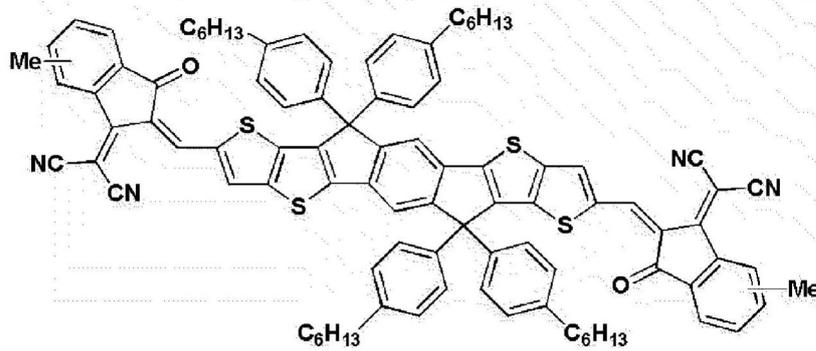
[化学式A-1]



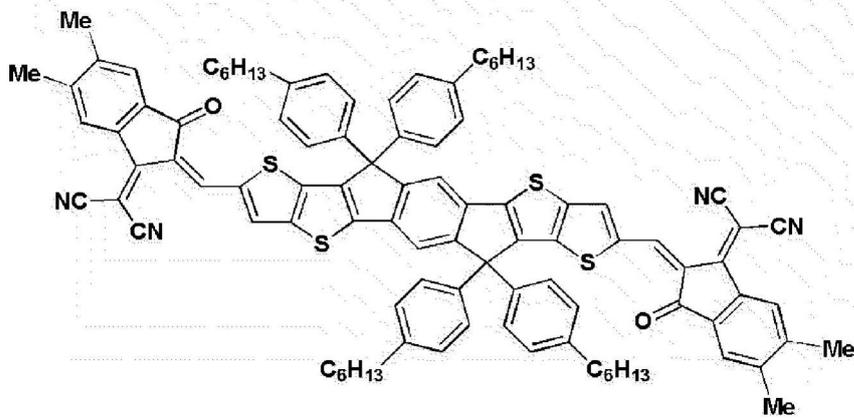
[化学式A-2]



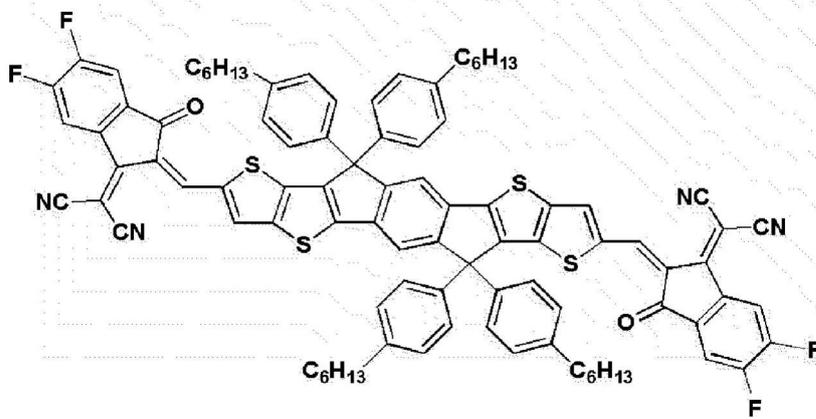
[化学式A-3]



[化学式A-4]

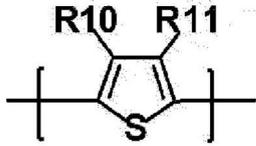


[化学式A-5]



3. 根据权利要求1所述的有机太阳能电池,其中由化学式2表示的第二单元由以下化学式2-1表示:

[化学式2-1]

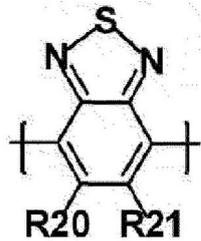


在化学式2-1中,

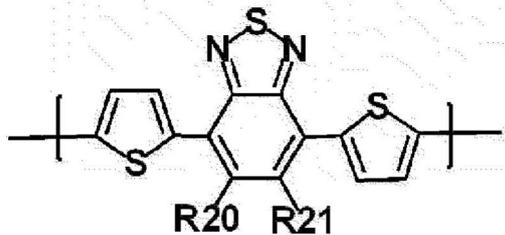
R10和R11具有与化学式2中相同的限定。

4. 根据权利要求1所述的有机太阳能电池,其中由化学式3表示的第三单元由以下化学式3-1或化学式3-2表示:

[化学式3-1]



[化学式3-2]

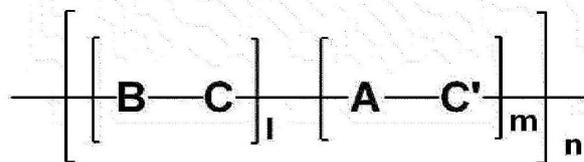


在化学式3-1和化学式3-2中,

R20和R21具有与化学式3中相同的限定。

5. 根据权利要求1所述的有机太阳能电池,其中所述聚合物包含由以下化学式4表示的单元:

[化学式4]



在化学式4中,

作为摩尔分数, l 为 $0 < l < 1$ 的实数;

作为摩尔分数, m 为 $0 < m < 1$ 的实数;

$l + m = 1$;

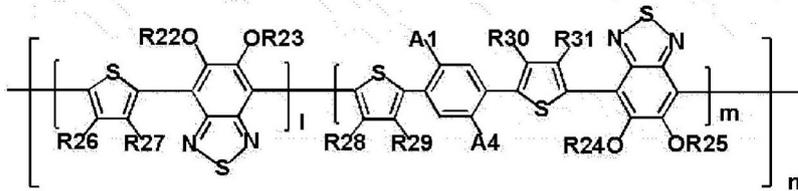
A为由化学式1表示的第一单元;

B为由化学式2表示的第二单元;

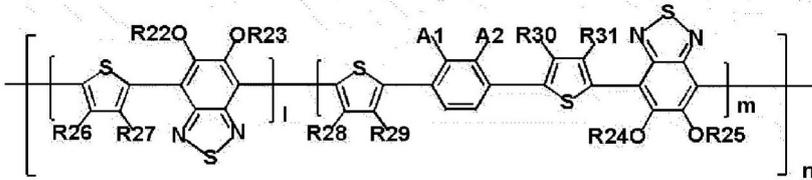
C和C'彼此相同或不同,并且各自独立地为由化学式3表示的第三单元;以及作为单元重复数,n为1至10,000的整数。

6.根据权利要求1所述的有机太阳能电池,其中所述聚合物包含由以下化学式5-1至5-4中的任一者表示的单元:

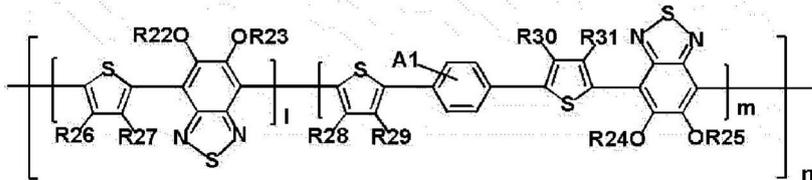
[化学式5-1]



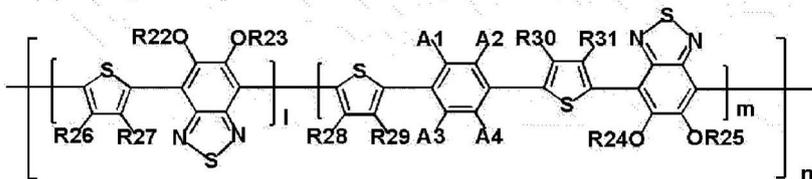
[化学式5-2]



[化学式5-3]



[化学式5-4]



在化学式5-1至5-4中,

R22至R25彼此相同或不同,并且各自独立地为经取代或未经取代的烷基;或者经取代或未经取代的芳基;

R26至R31彼此相同或不同,并且各自独立地为氢;或者经取代或未经取代的烷基;

A1至A4具有与化学式1中相同的限定;

作为摩尔分数,l为 $0 < l < 1$ 的实数;

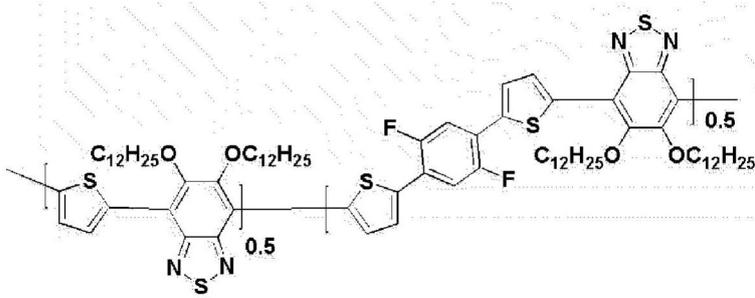
作为摩尔分数,m为 $0 < m < 1$ 的实数;

$l + m = 1$;以及

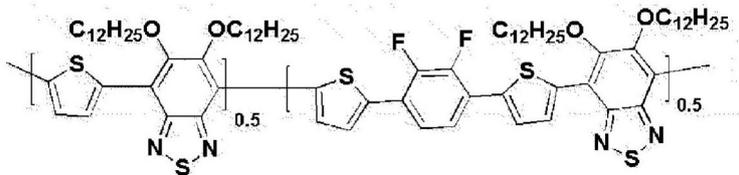
作为单元重复数,n为1至10,000的整数。

7.根据权利要求1所述的有机太阳能电池,其中所述聚合物包含由以下化学式6-1至6-5中的任一者表示的单元:

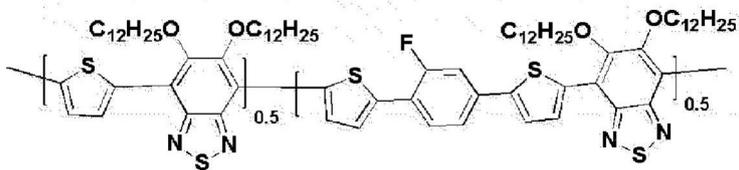
[化学式6-1]



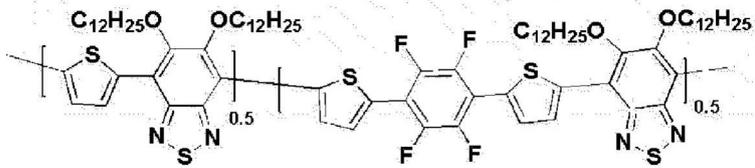
[化学式6-2]



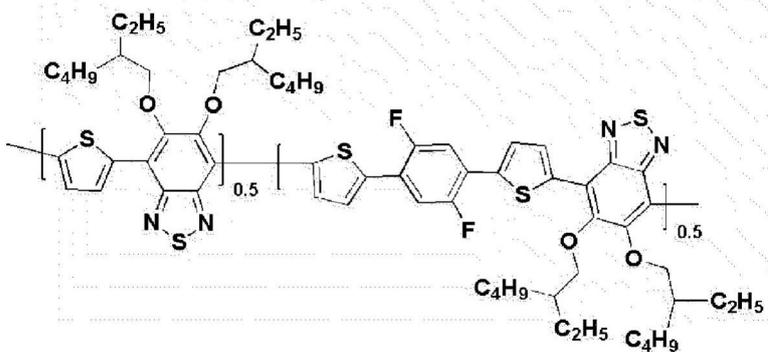
[化学式6-3]



[化学式6-4]



[化学式6-5]



8. 根据权利要求1所述的有机太阳能电池,其中所述电子供体与所述电子受体的质量比为1:1至1:4。

有机太阳能电池

技术领域

[0001] 本申请要求于2017年6月23日向韩国知识产权局提交的韩国专利申请第10-2017-0079706号的优先权和权益,其全部内容通过引用并入本文。

[0002] 本说明书涉及有机太阳能电池。

背景技术

[0003] 有机太阳能电池是能够通过应用光伏效应将太阳能直接转换成电能的装置。根据形成薄膜的材料,太阳能电池被分为无机太阳能电池和有机太阳能电池,并且由于现有的无机太阳能电池已经具有在经济可行性和材料供应方面的限制,因此容易加工、廉价且具有多种功能的有机太阳能电池作为长期替代能源非常受青睐。

[0004] 对于太阳能电池,重要的是提高效率以便由太阳能输出尽可能多的电能,并且现有的电子受体材料基于富勒烯的化合物具有诸如在可见光区域中具有低的吸收率和具有低的热稳定性的问题。

[0005] 因此,已经报道了使用基于非富勒烯的化合物作为电子受体材料的有机太阳能电池的许多实例,并且其功率转换效率已经达到约4%至5.9%。然而,基于非富勒烯的化合物目前仅在与特定聚合物组合时表现出有利的效率,因此,发现能够与基于非富勒烯的化合物一起表现出有利的效率的新聚合物已经成为重要的挑战。

发明内容

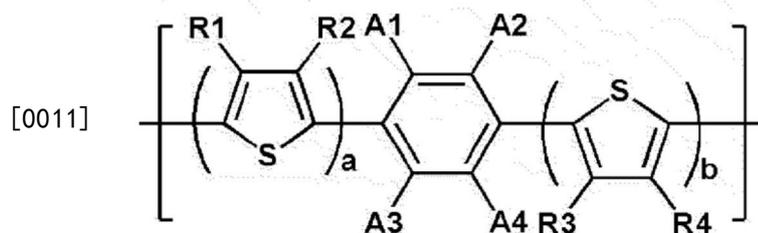
[0006] 技术问题

[0007] 本说明书旨在提供有机太阳能电池。

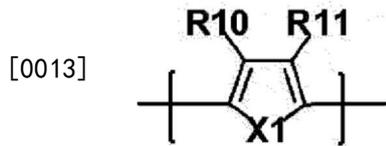
[0008] 技术方案

[0009] 本说明书的一个实施方案提供了有机太阳能电池,其包括:第一电极;与第一电极相对设置的第二电极;和一个或多个有机材料层,所述一个或多个有机材料层设置在第一电极与第二电极之间并且包括光活性层,其中光活性层包含电子供体和电子受体,电子供体包含含有由以下化学式1表示的第一单元、由以下化学式2表示的第二单元和由以下化学式3表示的第三单元的聚合物,电子受体包含基于非富勒烯的化合物。

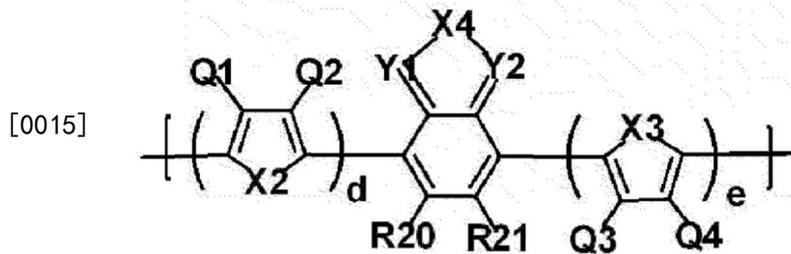
[0010] [化学式1]



[0012] [化学式2]



[0014] [化学式3]



[0016] 在化学式1至3中，

[0017] X1至X4彼此相同或不同，并且各自独立地选自CRR'、NR、O、SiRR'、PR、S、GeRR'、Se和Te，

[0018] Y1和Y2彼此相同或不同，并且各自独立地选自CR''、N、SiR''、P和GeR''，

[0019] R、R'、R''、Q1至Q4、R1至R4、R10和R11彼此相同或不同，并且各自独立地为氢；氘；卤素基团；腈基；硝基；酰亚胺基；酰胺基；羟基；经取代或未经取代的烷基；经取代或未经取代的环烷基；经取代或未经取代的烷氧基；经取代或未经取代的芳氧基；经取代或未经取代的烯基；经取代或未经取代的芳基；或者经取代或未经取代的杂环基，

[0020] R20和R21彼此相同或不同，并且各自独立地为经取代或未经取代的烷氧基；或者经取代或未经取代的芳氧基，

[0021] a和b彼此相同或不同，并且各自为1至3的整数，

[0022] d和e彼此相同或不同，并且各自为0至3的整数，

[0023] 当a、b、d或e各自为2或更大时，两个或更多个括号中的结构彼此相同或不同，以及

[0024] A1至A4彼此相同或不同，并且各自独立地为氢、氟或氯，并且A1至A4中的至少一者为氟或氯。

[0025] 有益效果

[0026] 根据本说明书的一个实施方案的有机太阳能电池使用所述聚合物作为电子供体，并且使用基于非富勒烯的化合物作为电子受体，并由此具有优异的热稳定性和功率转换效率。

[0027] 此外，根据本说明书的一个实施方案的聚合物具有高HOMO能级，因此，包含该聚合物作为光活性层的电子供体的有机太阳能电池具有优异的开路电压特性。

附图说明

[0028] 图1是示出了根据本说明书的一个实施方案的有机太阳能电池的图。

[0029] 图2是呈现了实施例1-1至1-3的有机太阳能电池的取决于电压的电流密度的图。

[0030] 图3是呈现了比较例1和2的有机太阳能电池的取决于电压的电流密度的图。

[0031] 图4是呈现了制备例中合成的化学式J的NMR谱的图。

[0032] 图5是呈现了制备例中合成的化学式J-1的NMR谱的图。

- [0033] 图6是呈现了制备例中合成的化学式K的NMR谱的图。
- [0034] [附图标记]
- [0035] 101:阳极(ITO)
- [0036] 102:空穴传输层(PEDOT:PSS)
- [0037] 103:光活性层
- [0038] 104:阴极(A1)

具体实施方式

- [0039] 在下文中,将对本说明书进行更详细地描述。
- [0040] 在本说明书中,“单元”为聚合物的单体中包含的重复结构,并且意指其中单体通过聚合而键合在聚合物中的结构。
- [0041] 在本说明书中,“包含单元”的含义意指被包含在聚合物的主链中。
- [0042] 在本说明书中,某一部分“包括”某些成分的描述意指还能够包括其他成分,并且除非特别作出相反的说明,否则不排除其他成分。
- [0043] 在本说明书中,一个构件置于另一构件“上”的描述不仅包括一个构件邻接另一构件的情况,而且还包括在这两个构件之间存在又一构件的情况。
- [0044] 在本说明书中,能级意指能量的大小。因此,即使当能级以基于真空能级的负(-)方向表示时,能级也被解释为意指相应的能量值的绝对值。例如,HOMO能级意指从真空能级到最高占据分子轨道的距离。此外,LUMO能级意指从真空能级到最低未占分子轨道的距离。
- [0045] 本说明书的一个实施方案提供了有机太阳能电池,其包括:第一电极;与第一电极相对设置的第二电极;和一个或多个有机材料层,所述一个或多个有机材料层设置在第一电极与第二电极之间并且包括光活性层,其中光活性层包含电子供体和电子受体,电子供体包含含有由化学式1表示的第一单元、由化学式2表示的第二单元和由化学式3表示的第三单元的聚合物,电子受体包含基于非富勒烯的化合物。
- [0046] 在有机太阳能电池的光活性层中,电子供体和电子受体吸收光以形成激子,并且所产生的激子迁移至电子供体与电子受体的界面,并分离成电子和空穴。电子沿电子受体迁移并且空穴沿电子供体迁移至各电极以产生电流。本文中,电子供体和电子受体的形态是否很好地电形成对电流产生具有决定性影响,并且所述聚合物与基于非富勒烯的化合物特别好地形成形态,最终使有机太阳能电池的效率提高。
- [0047] 取代基的实例在下面进行描述,然而,取代基不限于此。
- [0048] 术语“取代”意指与化合物的碳原子键合的氢原子变为另一取代基,并且取代的位置没有限制,只要其是氢原子被取代的位置(即,取代基可以取代的位置)即可,并且当两个或多个取代基取代时,这两个或多个取代基可以彼此相同或不同。
- [0049] 在本说明书中,术语“经取代或未经取代的”意指经选自以下的一个或多个取代基取代:氬;卤素基团;腈基;硝基;羟基;经取代或未经取代的烷基;经取代或未经取代的环烷基;经取代或未经取代的烷氧基;经取代或未经取代的芳氧基;经取代或未经取代的烯基;经取代或未经取代的芳基;以及经取代或未经取代的杂环基,或者经以上所例示的取代基中的两个或多个取代基相连接的取代基取代,或者不具有取代基。例如,“两个或多个取代基相连接的取代基”可以包括联苯基。换言之,联苯基可以为芳基,或者解释为两个

苯基相连接的取代基。

[0050] 在本说明书中,卤素基团的实例包括氟、氯、溴或碘。

[0051] 在本说明书中,烷基可以为线性或支化的,并且虽然不特别限于此,但是碳原子数优选为1至50。其具体实例可以包括甲基、乙基、丙基、正丙基、异丙基、丁基、正丁基、异丁基、叔丁基、仲丁基、1-甲基-丁基、1-乙基-丁基、戊基、正戊基、异戊基、新戊基、叔戊基、己基、正己基、1-甲基戊基、2-甲基戊基、4-甲基-2-戊基、3,3-二甲基丁基、2-乙基丁基、庚基、正庚基、1-甲基己基、环戊基甲基、环己基甲基、辛基、正辛基、叔辛基、1-甲基庚基、2-乙基己基、2-丙基戊基、正壬基、2,2-二甲基庚基、1-乙基-丙基、1,1-二甲基-丙基、异己基、2-甲基己基、4-甲基己基、5-甲基己基等,但不限于此。

[0052] 在本说明书中,环烷基没有特别限制,但是优选具有3至60个碳原子,并且其具体实例可以包括环丙基、环丁基、环戊基、3-甲基环戊基、2,3-二甲基环戊基、环己基、3-甲基环己基、4-甲基环己基、2,3-二甲基环己基、3,4,5-三甲基环己基、4-叔丁基环己基、环庚基、环辛基等,但不限于此。

[0053] 在本说明书中,烷氧基可以为线性、支化或环状的。烷氧基的碳原子数没有特别限制,但是优选为1至20。其具体实例可以包括甲氧基、乙氧基、正丙氧基、异丙氧基、异丙基氧基、正丁氧基、异丁氧基、叔丁氧基、仲丁氧基、正戊氧基、新戊氧基、异戊氧基、正己氧基、3,3-二甲基丁氧基、2-乙基丁氧基、正辛氧基、正壬氧基、正癸氧基、苄氧基、对甲基苄氧基等,但不限于此。

[0054] 在本说明书中,烯基可以为线性或支化的,并且虽然不特别限于此,但是碳原子数优选为2至40。其具体实例可以包括乙烯基、1-丙烯基、异丙烯基、1-丁烯基、2-丁烯基、3-丁烯基、1-戊烯基、2-戊烯基、3-戊烯基、3-甲基-1-丁烯基、1,3-丁二烯基、烯丙基、1-苯基乙烯基-1-基、2-苯基乙烯基-1-基、2,2-二苯基乙烯基-1-基、2-苯基-2-(萘基-1-基)乙烯基-1-基、2,2-双(二苯基-1-基)乙烯基-1-基、苊基、苯乙烯基等,但不限于此。

[0055] 在本说明书中,当芳基为单环芳基时,碳原子数没有特别限制,但是优选为6至25。单环芳基的具体实例可以包括苯基、联苯基、三联苯基等,但不限于此。

[0056] 在本说明书中,当芳基为多环芳基时,碳原子数没有特别限制,但是优选为10至24。多环芳基的具体实例可以包括萘基、蒽基、菲基、苊基、茈基、蒾基、芘基、芘基、芘基、芘基等,但不限于此。

[0057] 在本说明书中,芘基可以被取代,并且相邻取代基可以彼此键合以形成环。

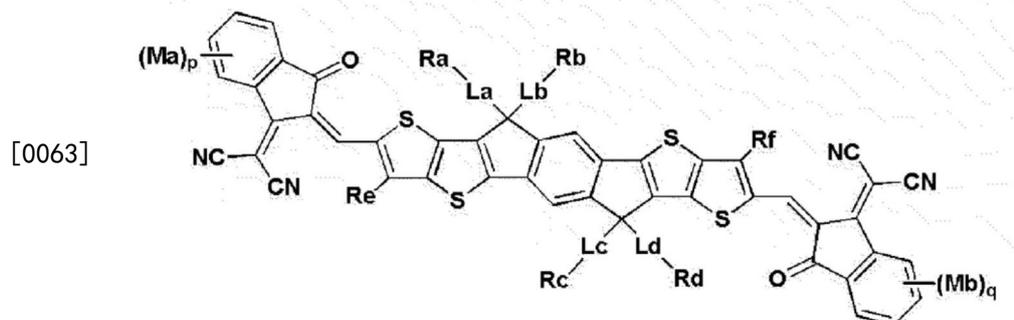
[0058] 在本说明书中,亚芳基意指具有两个键合位点的芳基,即二价基团。以上提供的对芳基的描述可以应用于此,不同之处在于这些各自为二价的。

[0059] 在本说明书中,杂环基为包含一个或更多个不是碳的原子(即杂原子)的基团,并且具体地,杂原子可以包括选自O、N、Se、S等中的一个或更多个原子。杂环基的碳原子数没有特别限制,但是优选为2至60。杂环基的实例可以包括噻吩基、呋喃基、吡咯基、咪唑基、噻唑基、噁唑基、噁二唑基、三唑基、吡啶基、联吡啶基、嘧啶基、三嗪基、三唑基、吡啶基、吡嗪基、喹啉基、喹唑啉基、喹喔啉基、异喹啉基、吡啶基、吡嗪基、苯并噻唑基、苯并咪唑基、苯并噻唑基、苯并呋喃基、苯并噻吩基、二苯并噻吩基、苯并呋喃基、菲咯啉基、噻唑基、异噻唑基、噁二唑基、噻二唑基、吩噻嗪基、二苯并呋喃基等,但不限于此。

[0060] 在本说明书中,芳氧基中的芳基与芳基的上述实例相同。芳氧基的具体实例可以包括苯氧基、对甲苯氧基、间甲苯氧基、3,5-二甲基-苯氧基、2,4,6-三甲基苯氧基、对叔丁基苯氧基、3-联苯氧基、4-联苯氧基、1-萘氧基、2-萘氧基、4-甲基-1-萘氧基、5-甲基-2-萘氧基、1-蒎氧基、2-蒎氧基、9-蒎氧基、1-菲氧基、3-菲氧基、9-菲氧基等,但不限于此。

[0061] 在本说明书的一个实施方案中,基于非富勒烯的化合物可以由以下化学式A表示。

[0062] [化学式A]



[0064] 在化学式A中,

[0065] Ra至Rf彼此相同或不同,并且各自独立地为氢;或者经取代或未经取代的烷基,

[0066] La至Ld彼此相同或不同,并且各自独立地为经取代或未经取代的亚芳基;或者经取代或未经取代的二价杂环基,

[0067] Ma和Mb彼此相同或不同,并且各自独立地为氢;卤素基团;或者经取代或未经取代的烷基,

[0068] p和q彼此相同或不同,并且各自独立地为0至2的整数,并且

[0069] 当p或q各自为2时,括号中的结构彼此相同。

[0070] 在本说明书的一个实施方案中,Ra至Rd各自为烷基。

[0071] 在另一个实施方案中,Ra至Rd各自为具有1至30个碳原子的烷基。

[0072] 在另一个实施方案中,Ra至Rd各自为具有1至10个碳原子的烷基。

[0073] 在本说明书的一个实施方案中,Re和Rf为氢。

[0074] 在本说明书的一个实施方案中,La至Ld各自为亚芳基。

[0075] 在另一个实施方案中,La至Ld各自为具有6至25个碳原子的亚芳基。

[0076] 在另一个实施方案中,La至Ld为亚苯基。

[0077] 在另一个实施方案中,La至Ld各自为二价杂环基。

[0078] 在另一个实施方案中,La至Ld各自为具有2至30个碳原子的二价杂环基。

[0079] 在另一个实施方案中,La至Ld各自为具有2至10个碳原子的二价杂环基。

[0080] 在另一个实施方案中,La至Ld为二价噻吩基。

[0081] 在本说明书的一个实施方案中,Ma和Mb为氢。

[0082] 在另一个实施方案中,Ma和Mb各自为烷基。

[0083] 在另一个实施方案中,Ma和Mb各自为具有1至10个碳原子的烷基。

[0084] 在另一个实施方案中,Ma和Mb为甲基。

[0085] 在另一个实施方案中,Ma和Mb各自为卤素基团。

[0086] 在另一个实施方案中,Ma和Mb为氟。

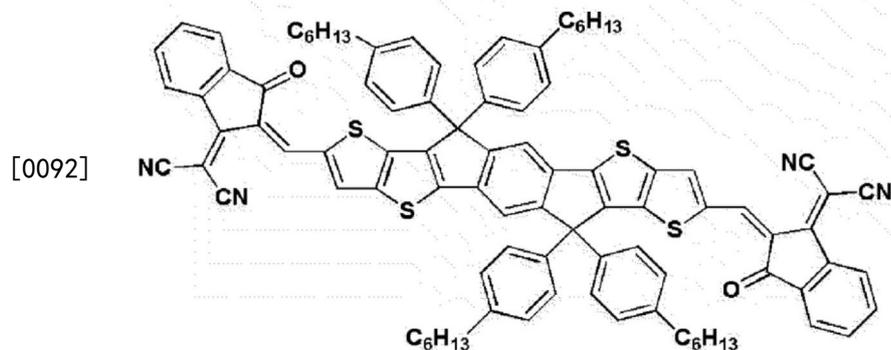
[0087] 在本说明书的一个实施方案中,p和q各自为0。

[0088] 在另一个实施方案中,p和q各自为1。

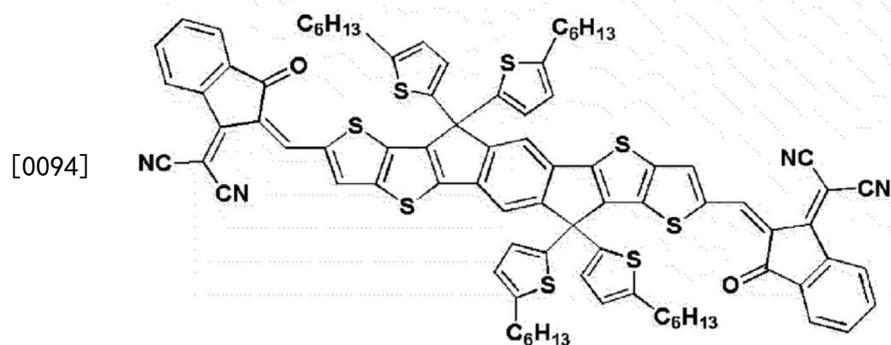
[0089] 在另一个实施方案中,p和q各自为2。

[0090] 此外,在本说明书的一个实施方案中,由化学式A表示的化合物可以为以下化学式A-1至A-5中的任一者。

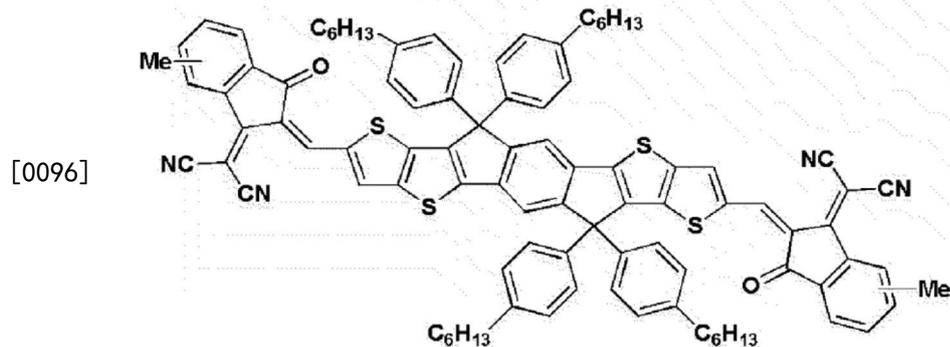
[0091] [化学式A-1]



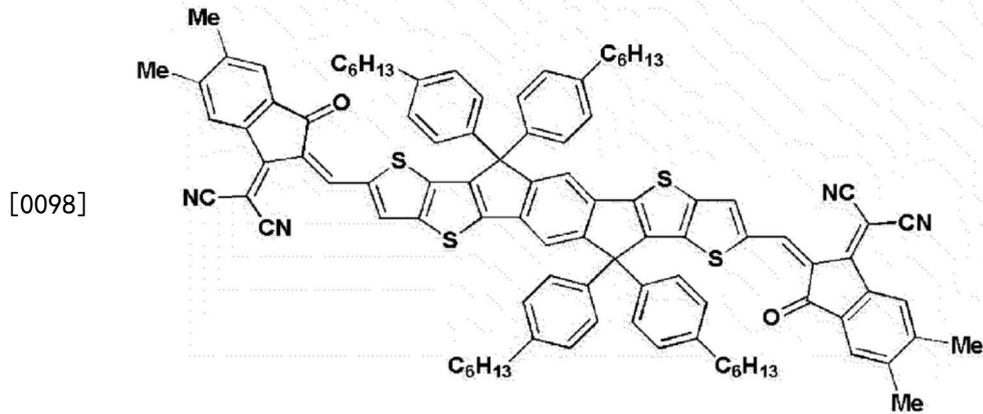
[0093] [化学式A-2]



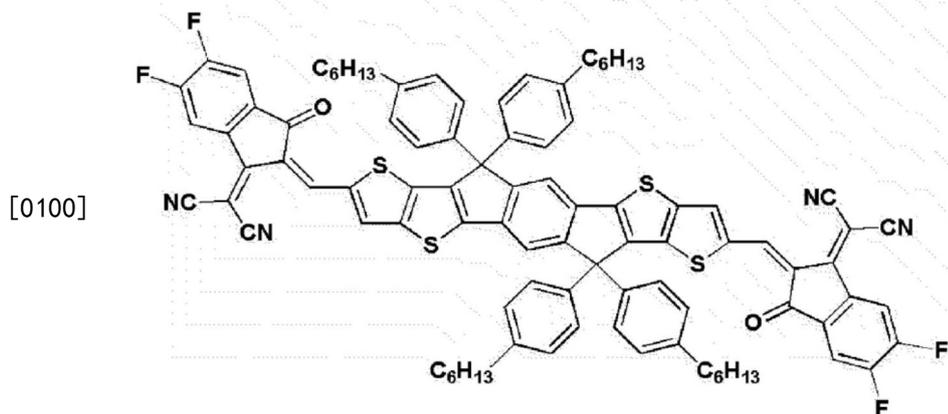
[0095] [化学式A-3]



[0097] [化学式A-4]



[0099] [化学式A-5]



[0101] 在本说明书中,Me意指甲基。

[0102] 在本说明书的一个实施方案中,基于非富勒烯的化合物具有与基于富勒烯的化合物相比更高的热稳定性。

[0103] 此外,在本说明书的一个实施方案中,包含基于非富勒烯的化合物作为光活性层的电子受体并且包含所述聚合物作为光活性层的电子供体的有机太阳能电池具有优异的热稳定性并且具有优异的功率转换效率。

[0104] 根据本说明书的一个实施方案的聚合物包含由化学式1表示的第一单元。

[0105] 在本说明书的一个实施方案中,A1至A4中的两个基团各自为氟或氯,并且可以在苯环中彼此相对的位置处(即对位)取代。在这种情况下,第一单元的氟或氯与第一单元的噻吩的S原子相互作用以提高聚合物的平面性。

[0106] 在本说明书的一个实施方案中,A1至A4彼此相同或不同,并且各自独立地为氢、氟或氯,并且A1至A4中的至少一者为氟或氯。

[0107] 在本说明书的一个实施方案中,A1至A4中的至少一者为氟。

[0108] 在本说明书的一个实施方案中,A1至A4中的两个基团各自为氟或氯,并且这两个基团可以相对于苯环彼此存在于邻位或对位处。

[0109] 在本说明书的一个实施方案中,A1和A4各自为氟,并且A2和A3各自为氢。

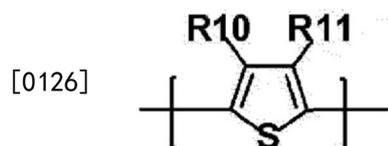
[0110] 在本说明书的一个实施方案中,A2和A3各自为氟,并且A1和A4各自为氢。

[0111] 在本说明书的一个实施方案中,A1和A2各自为氟,并且A3和A4各自为氢。

[0112] 在本说明书的一个实施方案中,A1为氟,并且A2至A4各自为氢。

- [0113] 在本说明书的一个实施方案中,A1至A4各自为氟。
- [0114] 在本说明书的一个实施方案中,a为1。
- [0115] 在另一个实施方案中,b为1。
- [0116] 在本说明书的一个实施方案中,R1为氢。
- [0117] 在另一个实施方案中,R2为氢。
- [0118] 在另一个实施方案中,R3为氢。
- [0119] 在本说明书的一个实施方案中,R4为氢。
- [0120] 根据本说明书的一个实施方案的聚合物包含由化学式2表示的第二单元。
- [0121] 在本说明书的一个实施方案中,X1为S。
- [0122] 在本说明书的一个实施方案中,R10为氢。
- [0123] 在另一个实施方案中,R11为氢。
- [0124] 在本说明书的一个实施方案中,由化学式2表示的第二单元可以由以下化学式2-1表示。

[0125] [化学式2-1]



- [0127] 在化学式2-1中,
- [0128] R10和R11具有与化学式2中相同的限定。
- [0129] 在这种情况下,还可以预期与根据本说明书的一个实施方案的由化学式1表示的第一单元的氟或氯的相互作用。
- [0130] 根据本说明书的一个实施方案的聚合物包含由化学式3表示的第三单元。
- [0131] 在本说明书的一个实施方案中,X2为S。
- [0132] 在另一个实施方案中,X3为S。
- [0133] 在本说明书的一个实施方案中,X4为S。
- [0134] 在本说明书的一个实施方案中,Y1为N。
- [0135] 在另一个实施方案中,Y2为N。
- [0136] 在另一个实施方案中,d为0。
- [0137] 在另一个实施方案中,d为1。
- [0138] 在本说明书的一个实施方案中,e为1。
- [0139] 在另一个实施方案中,e为0。
- [0140] 在本说明书的一个实施方案中,Q1为氢。
- [0141] 在本说明书的一个实施方案中,Q2为氢。
- [0142] 在本说明书的一个实施方案中,Q3为氢。
- [0143] 在本说明书的一个实施方案中,Q4为氢。
- [0144] 在本说明书的一个实施方案中,由化学式3表示的第三单元的R20和R21彼此相同或不同,并且各自独立地为经取代或未经取代的烷氧基;或者经取代或未经取代的芳氧基。在这种情况下,可以通过R20和R21的O原子;由化学式1表示的第一单元的氟或氯;以及由化

学式2表示的第二单元的S原子之间的相互作用来提高分子之间的堆积。

[0145] 因此,包含根据本说明书的一个实施方案的聚合物可以引起填充因子(FF)的增加,并且可以提供具有高效率的器件。

[0146] 在本说明书中,相互作用意指化学结构或形成该化学结构的原子通过共价键合以外的作用彼此影响而具有非共价相互作用,并且例如,可以意指硫属元素键合。

[0147] 根据本说明书的一个实施方案的聚合物可以通过单元内或与其他相邻单元的非共价相互作用使聚合物主链的扭转角最小化来提高其平面性。此外,非共价相互作用提高了 π - π 堆积,并由此由于极化子和激子的离域而提高了电荷迁移率,这在堆积方面是有效的。

[0148] 在本说明书的一个实施方案中,R20和R21彼此相同或不同,并且各自独立地为经取代或未经取代的烷氧基。

[0149] 在另一个实施方案中,R20和R21彼此相同或不同,并且各自独立地为经取代或未经取代的具有1至20个碳原子的烷氧基。

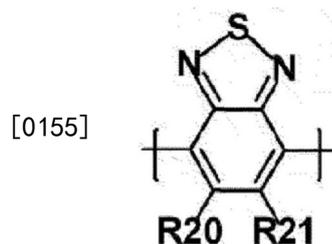
[0150] 在另一个实施方案中,R20和R21彼此相同或不同,并且各自独立地为经取代或未经取代的十二烷氧基。

[0151] 在本说明书的一个实施方案中,R20和R21为十二烷氧基。

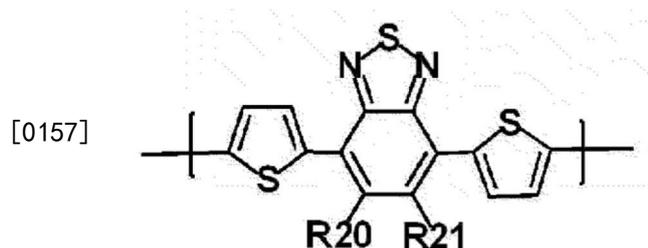
[0152] 在本说明书的一个实施方案中,R20和R21为乙基己氧基。

[0153] 在本说明书的一个实施方案中,由化学式3表示的第三单元由以下化学式3-1或化学式3-2表示。

[0154] [化学式3-1]



[0156] [化学式3-2]

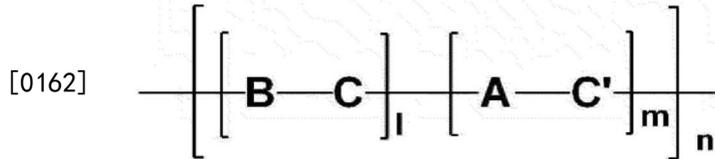


[0158] 在化学式3-1和化学式3-2中,

[0159] R20和R21具有与化学式3中相同的限定。

[0160] 在本说明书的一个实施方案中,聚合物包含由以下化学式4表示的单元。

[0161] [化学式4]



[0163] 在化学式4中,

[0164] 作为摩尔分数, l 为 $0 < l < 1$ 的实数,

[0165] 作为摩尔分数, m 为 $0 < m < 1$ 的实数,

[0166] $l + m = 1$,

[0167] A为由化学式1表示的第一单元,

[0168] B为由化学式2表示的第二单元,

[0169] C和C'彼此相同或不同,并且各自独立地为由化学式3表示的第三单元,以及

[0170] 作为单元重复数, n 为1至10,000的整数。

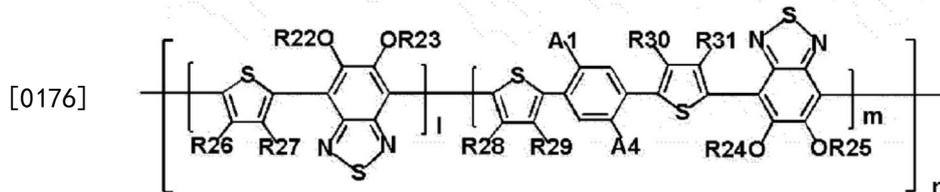
[0171] 在本说明书的一个实施方案中,化学式4的A为由化学式1表示的第一单元,并且 a 和 b 各自独立地为1至3的整数,并且优选1。

[0172] 在本说明书的一个实施方案中,化学式4的B为由化学式2-1表示的第二单元。

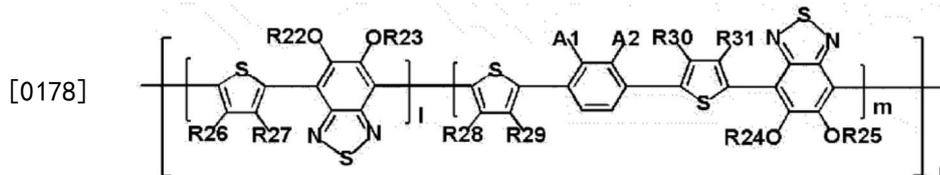
[0173] 在本说明书的一个实施方案中,化学式4的C和C'为由化学式3-1表示的第三单元。

[0174] 在本说明书的一个实施方案中,聚合物包含由以下化学式5-1至5-4中的任一者表示的单元。

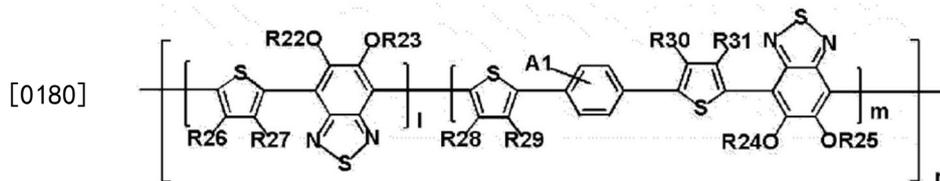
[0175] [化学式5-1]



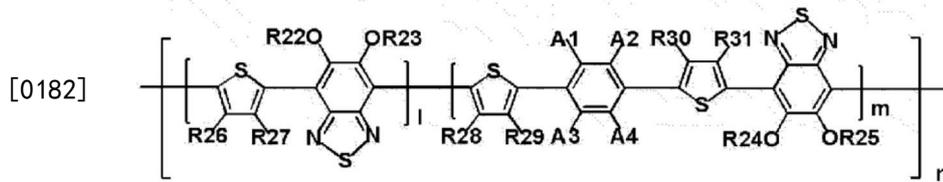
[0177] [化学式5-2]



[0179] [化学式5-3]



[0181] [化学式5-4]



[0183] 在化学式5-1至5-4中，

[0184] R22至R25彼此相同或不同，并且各自独立地为经取代或未经取代的烷基；或者经取代或未经取代的芳基，

[0185] R26至R31彼此相同或不同，并且各自独立地为氢；或者经取代或未经取代的烷基，

[0186] A1至A4具有与化学式1中相同的限定，

[0187] 作为摩尔分数， l 为 $0 < l < 1$ 的实数，

[0188] 作为摩尔分数， m 为 $0 < m < 1$ 的实数，

[0189] $l+m=1$ ，以及

[0190] 作为单元重复数， n 为1至10,000的整数。

[0191] 在本说明书的一个实施方案中，R22至R25各自为烷基。

[0192] 在另一个实施方案中，R22至R25各自为具有1至15个碳原子的烷基。

[0193] 在另一个实施方案中，R22至R25各自为具有1至15个碳原子的烷基。

[0194] 在另一个实施方案中，R22至R25各自为十二烷基。

[0195] 在另一个实施方案中，R22至R25各自为乙基己基。

[0196] 在本说明书的一个实施方案中，R26至R31为氢。

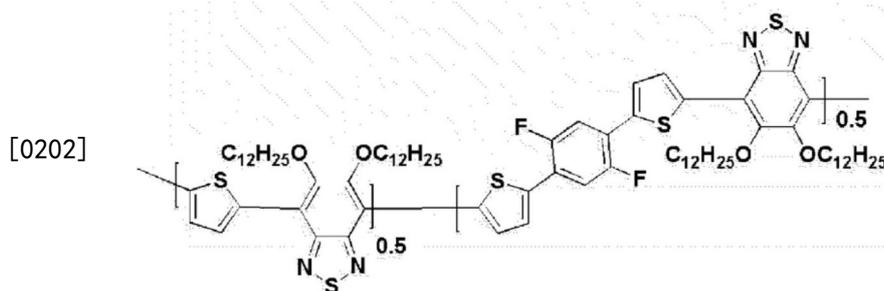
[0197] 在本说明书的一个实施方案中，A1至A4各自为氟。

[0198] 在本说明书的一个实施方案中， l 为0.5。

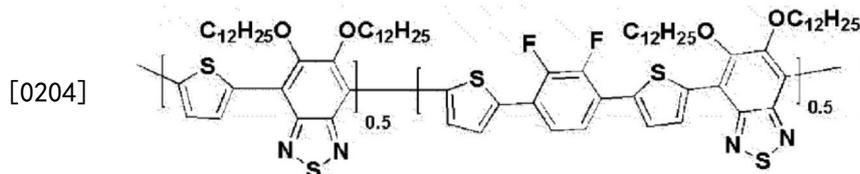
[0199] 在另一个实施方案中， m 为0.5。

[0200] 在本说明书的一个实施方案中，聚合物包含由以下化学式6-1至6-5中的任一者表示的单元。

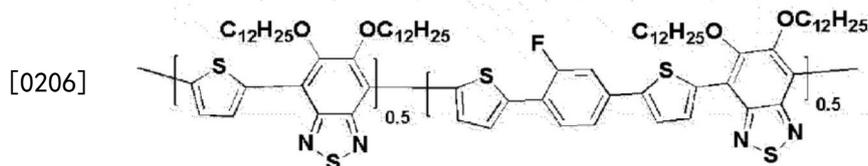
[0201] [化学式6-1]



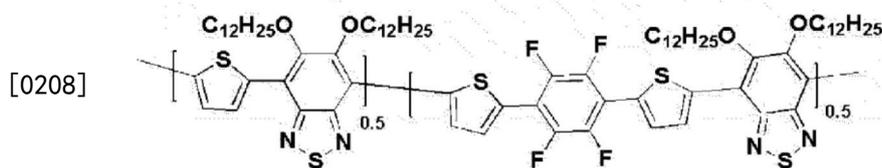
[0203] [化学式6-2]



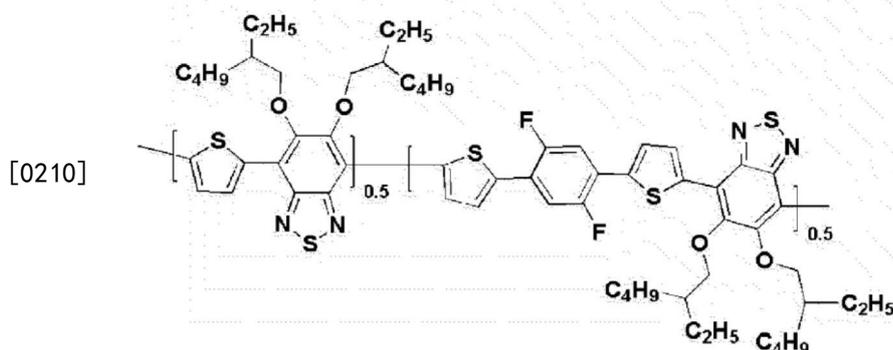
[0205] [化学式6-3]



[0207] [化学式6-4]



[0209] [化学式6-5]



[0211] 在本说明书的一个实施方案中,聚合物为无规聚合物。此外,当聚合物为无规聚合物时,溶解性得到提高,就器件制造过程而言这在成本上是经济有效的。

[0212] 在本说明书的一个实施方案中,聚合物的端基为经取代或未经取代的杂环基;或者经取代或未经取代的芳基。

[0213] 在本说明书的一个实施方案中,聚合物的端基为4-(三氟甲基)苯基。

[0214] 在本说明书的一个实施方案中,聚合物的端基为溴-噻吩基。

[0215] 在另一个实施方案中,聚合物的端基为三氟-苯基。

[0216] 在本说明书的一个实施方案中,电子供体为包含由化学式1表示的第一单元、由化学式2表示的第二单元和由化学式3表示的第三单元的聚合物,电子受体为基于非富勒烯的化合物。

[0217] 在另一个实施方案中,电子供体为包含由化学式5表示的单元的聚合物,电子受体为由化学式A-1表示的化合物。

[0218] 在本说明书的一个实施方案中,电子供体与电子受体的质量比为1:1至1:4。该比例优选为1:1.5至1:2.5,并且更优选1:1.8至1:2.2。

[0219] 根据本说明书的一个实施方案,聚合物的数均分子量优选为5,000g/mol至1,000,000g/mol。

[0220] 根据本说明书的一个实施方案,聚合物的分子量分布可以为1至10。聚合物的分子量分布优选为1至3。

[0221] 随着分子量分布减小和数均分子量增加,电特性和机械特性变得更好。

[0222] 此外,数均分子量优选为100,000g/mol或更小使得通过具有一定水平或更高水平

的溶解性而有利地使用溶液涂覆法。

[0223] 聚合物可以通过以下来制备：将各单元的单体与 $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ 和 $\text{P}(\text{邻甲苯基})_3$ 和作为溶剂的氯苯一起引入，并使用微波反应器使所得物聚合。

[0224] 根据本说明书的聚合物可以通过多步化学反应制备。在通过烷基化反应、格利雅(Grignard)反应、Suzuki偶联反应、Stille偶联反应等制备单体之后，最终聚合物可以通过碳-碳偶联反应例如Stille偶联反应来制备。当待引入的取代基是硼酸化合物或硼酸酯化合物时，聚合物可以通过Suzuki偶联反应来制备，当待引入的取代基是三丁基锡化合物或三甲基锡化合物时，聚合物可以通过Stille偶联反应来制备，然而，制备不限于此。

[0225] 根据本说明书的一个实施方案的有机太阳能电池包括第一电极、光活性层和第二电极。有机太阳能电池还可以包括基底、空穴传输层和/或电子传输层。

[0226] 在本说明书的一个实施方案中，当有机太阳能电池接收来自外部光源的光子时，在电子供体与电子受体之间产生电子和空穴。所产生的空穴通过电子供体层传输至阳极。

[0227] 在本说明书的一个实施方案中，有机太阳能电池还可以包括另外的有机材料层。有机太阳能电池可以通过使用同时具有多种功能的有机材料来减少有机材料层的数目。

[0228] 在本说明书的一个实施方案中，第一电极为阳极，第二电极为阴极。在另一个实施方案中，第一电极为阴极，第二电极为阳极。

[0229] 在本说明书的一个实施方案中，在有机太阳能电池中，层可以以阴极、光活性层和阳极的顺序布置，或者也可以以阳极、光活性层和阴极的顺序布置，然而，设置不限于此。

[0230] 在另一个实施方案中，在有机太阳能电池中，层可以以阳极、空穴传输层、光活性层、电子传输层和阴极的顺序布置，或者也可以以阴极、电子传输层、光活性层、空穴传输层和阳极的顺序布置，然而，设置不限于此。

[0231] 图1是示出了根据本说明书的一个实施方案的有机太阳能电池的图，所述有机太阳能电池包括阳极(101)、空穴传输层(102)、光活性层(103)和阴极(104)。

[0232] 在本说明书的一个实施方案中，有机太阳能电池具有正常结构。在正常结构中，层可以以基底、第一电极、空穴传输层、包括光活性层的有机材料层、电子传输层和第二电极的顺序层合。

[0233] 在本说明书的一个实施方案中，有机太阳能电池具有倒置结构。在倒置结构中，层可以以基底、第一电极、电子传输层、包括光活性层的有机材料层、空穴传输层和第二电极的顺序层合。

[0234] 在本说明书的一个实施方案中，第一电极为阳极，第二电极为阴极。在另一个实施方案中，第一电极为阴极，第二电极为阳极。

[0235] 在本说明书的一个实施方案中，有机太阳能电池具有串联结构。在这种情况下，有机太阳能电池可以包括两个或更多个层的光活性层。根据本说明书的一个实施方案的有机太阳能电池可以具有一个或两个或更多个层的光活性层。

[0236] 在另一个实施方案中，在光活性层与空穴传输层之间、或者在光活性层与电子传输层之间可以设置有缓冲层。本文中，在阳极与空穴传输层之间还可以设置有空穴注入层。此外，在阴极与电子传输层之间还可以设置有电子注入层。

[0237] 在本说明书的一个实施方案中，电子供体与电子受体形成本体异质结(BHJ)。

[0238] 本体异质结意指电子供体材料和电子受体材料在光活性层中混合在一起。

- [0239] 在本说明书的一个实施方案中,光活性层还包含添加剂。
- [0240] 在本说明书的一个实施方案中,添加剂的分子量为50g/mol至300g/mol。
- [0241] 在另一个实施方案中,添加剂为沸点为30℃至300℃的有机材料。
- [0242] 在本说明书中,有机材料意指包含至少一个或更多个碳原子的材料。
- [0243] 在一个实施方案中,添加剂还可以包括选自以下添加剂中的一种或更多种类型的添加剂:1,8-二碘辛烷(DIO)、1-氯萘(1-CN)、二苯醚(DPE)、辛烷二硫醇和四溴噻吩。
- [0244] 在本说明书的一个实施方案中,光活性层具有包括n型有机材料层和p型有机材料层的双层结构,并且p型有机材料层包含所述聚合物。
- [0245] 本说明书中的基底可以包括具有优异的透明性、表面平滑度、易操作性和防水性的玻璃基底或透明塑料基底,但不限于此,并且可以没有限制地使用通常用于有机太阳能电池中的基底。其具体实例包括玻璃、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚丙烯(PP)、聚酰亚胺(PI)、三乙酰纤维素(TAC)等,但不限于此。
- [0246] 第一电极的材料可以包括透明且具有优异导电性的材料,然而,材料不限于此。其实例可以包括:金属,例如钒、铬、铜、锌或金,或其合金;金属氧化物,例如锌氧化物、铟氧化物、铟锡氧化物(ITO)或铟锌氧化物(IZO);金属和氧化物的组合,例如ZnO:Al或SnO₂:Sb;导电聚合物,例如聚(3-甲基噻吩)、聚[3,4-(亚乙基-1,2-二氧基)噻吩](PEDOT)、聚吡咯和聚苯胺等,但不限于此。
- [0247] 形成第一电极的方法没有特别限制,然而,可以使用诸如溅射、电子束、热沉积、旋涂、丝网印刷、喷墨印刷、刮刀或凹版印刷的方法。
- [0248] 当在基底上形成第一电极时,可以使所得物经历以下过程:清洗、脱水和改性为亲水的。
- [0249] 例如,在以连续顺序用清洗剂、丙酮和异丙醇(IPA)对图案化ITO基底进行清洗之后,将ITO基底在加热板上在100℃至150℃下干燥1分钟至30分钟,优选在120℃下干燥10分钟以脱水,并且当基底被彻底清洗时,将基底的表面改性为亲水的。
- [0250] 通过诸如上述的表面改性,接合表面电势可以保持在适用于光活性层的表面电势的水平。此外,当表面被改性时,可以在第一电极上容易地形成聚合物薄膜,并且薄膜的品质可以得到改善。
- [0251] 用于第一电极的预处理技术包括a)使用平行板放电的表面氧化法,b)在真空状态下通过使用UV线产生的臭氧使表面氧化的方法,以及c)使用通过等离子体产生的氧自由基的氧化法等。
- [0252] 可以根据第一电极或基底的状态选择上述方法中的一种。然而,不管使用何种方法,通常优选的是防止第一电极或基底的表面上的氧离开,并且尽可能多地抑制水分和有机材料残留。在这种情况下,预处理的实际效果可以最大化。
- [0253] 作为一个具体实例,可以使用通过使用UV产生的臭氧使表面氧化的方法。本文中,在超声清洗之后,可以通过将图案化ITO基底在热板上烘烤使图案化ITO基底充分干燥,并将图案化ITO基底引入到室中,然后通过由使用UV灯使氧气与UV光反应而产生的臭氧对其进行清洗。
- [0254] 然而,本说明书中的图案化ITO基底的表面改性方法没有特别限制,并且可以使用使基底氧化的任何方法。

[0255] 第二电极可以包括具有小的功函数的金属,但不限于此。其具体实例可以包括:金属,例如镁、钙、钠、钾、钛、铟、钇、锂、钆、铝、银、锡和铅,或其合金;或者多层结构的材料,例如LiF/Al、LiO₂/Al、LiF/Fe、Al:Li、Al:BaF₂和Al:BaF₂:Ba,但不限于此。

[0256] 第二电极可以通过在具有 5×10^{-7} 托或更小的真空度的热沉积器内部沉积而形成,然而,形成不限于这种方法。

[0257] 空穴传输层和/或电子传输层起到将在光活性层中分离的电子和空穴有效地传输至电极的作用,并且材料没有特别限制。

[0258] 空穴传输层材料可以包括掺杂有聚(苯乙烯磺酸)的聚(3,4-亚乙基二氧基噻吩)(PEDOT:PSS)、钼氧化物(MoO_x)、钒氧化物(V₂O₅)、镍氧化物(NiO)、钨氧化物(WO_x)等,但不限于此。

[0259] 电子传输层材料可以包括电子提取金属氧化物,并且可以具体包括:8-羟基喹啉的金属配合物;包含Alq₃的配合物;包含Liq的金属配合物;LiF;Ca;钛氧化物(TiO_x);锌氧化物(ZnO);碳酸铯(Cs₂CO₃)等,但不限于此。

[0260] 光活性层可以通过以下形成:将光活性材料例如电子供体和/或电子受体溶解在有机溶剂中,然后使用诸如旋涂、浸涂、丝网印刷、喷涂、刮刀和刷涂的方法施加溶液,然而,方法不限于此。

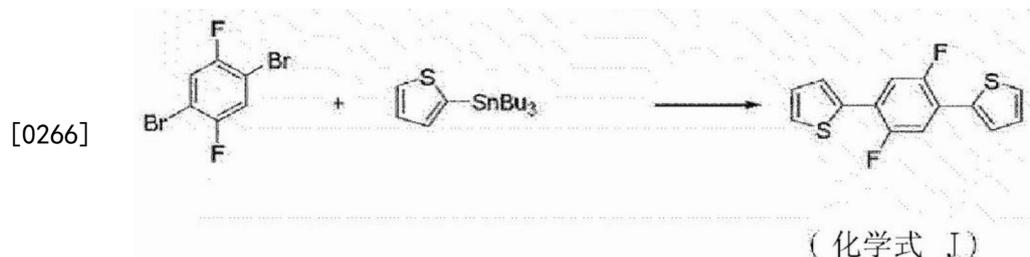
[0261] 在下文中,将参照实施例对本说明书进行详细描述以具体描述本说明书。然而,根据本说明书的实施例可以被修改为多种不同的形式,并且本说明书的范围不应解释为限于以下描述的实施例。提供本说明书的实施例以向本领域普通技术人员更充分地描述本说明书。

[0262] 发明实施方式

[0263] <制备例>

[0264] 制备例1. 聚合物1的合成

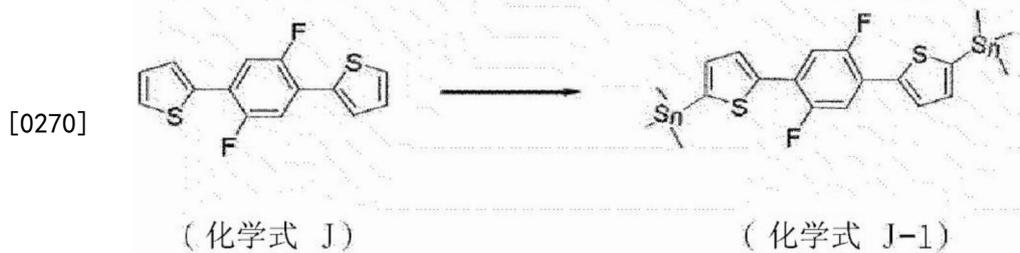
[0265] (1) 化学式J的合成



[0267] 在将甲苯引入到两种起始材料中并向其中添加0.05当量的四(三苯基膦)钯(0)(Pd(PPh₃)₄)之后,将所得物在80℃下搅拌15小时,反应溶液逐渐变为黑色。对其进行后处理,用硫酸镁干燥,然后重结晶以获得化学式J(白色粉末,4.3g)。

[0268] 合成的化学式J的NMR谱在图4中呈现。

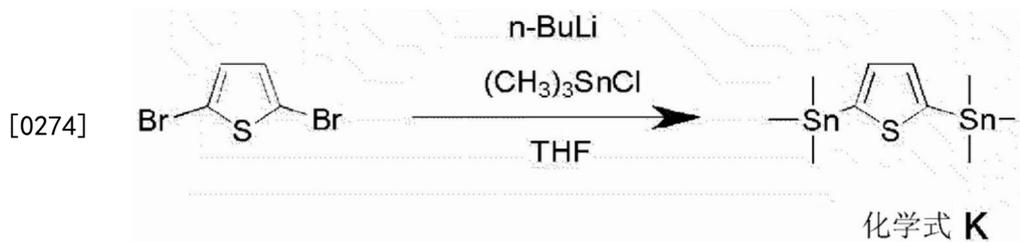
[0269] (2) 化学式J-1(第一单元)的合成



[0271] 在将制备的化学式J溶解在四氢呋喃(THF)中并将温度降至 -78°C 之后,向其中添加2.1当量的正丁基锂($n\text{-BuLi}$),并将所得物搅拌30分钟。之后,将所得物进一步在室温下搅拌1小时,溶液颜色变为黄色。再次将温度降至 -78°C ,向其中添加2.1当量的三甲基氯化锡,并在将温度缓慢升至室温的同时将所得物搅拌12小时。12小时之后,溶液颜色变为赭色,并且当在后处理之后使所得物结晶时,获得有光泽的片型黄色固体形式的化学式J-1。

[0272] 合成的化学式J-1的NMR谱在图5中呈现。

[0273] (3) 化学式K(第二单元)的合成

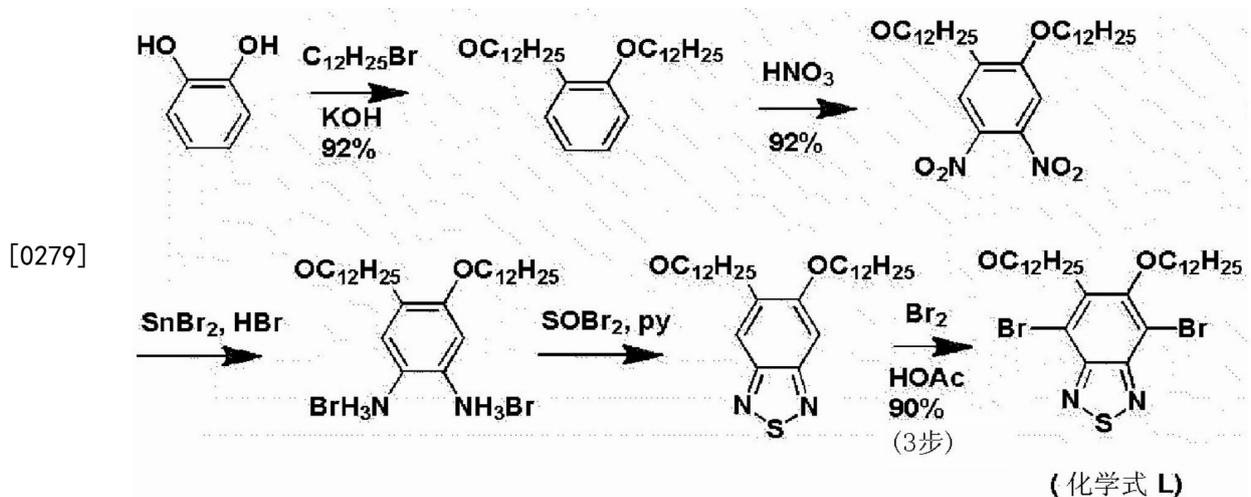


[0275] 在将2,5-二溴噻吩(9.68g,40.0mmol)引入200ml四氢呋喃(THF)中并溶解之后,将温度降至 -78°C 。在该温度下,向其中缓慢添加溶解在己烷中的1.6M正丁基锂($n\text{-BuLi}$)(55ml,88mmol),并将所得物搅拌1小时。之后,立刻向其中引入溶解在THF中的1M三甲基氯化锡(100ml,100mmol),将温度升至室温,并将所得物搅拌12小时。将该溶液倒入冰中,用乙醚萃取三次并用水洗涤三次,并使用硫酸镁(MgSO_4)除去残留的水。用剩余的溶液,在减压下除去溶剂,并用甲醇使所得物重结晶以获得白色固体。

[0276] 产率:73.1%

[0277] 图6呈现了合成的化学式K的NMR谱。

[0278] (4) 化学式L(第三单元)的合成



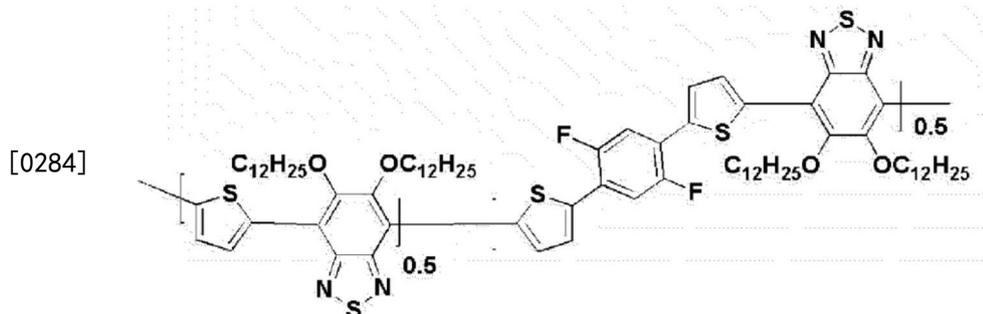
[0280] 基于以下合成化学式L的化合物: JOURNAL OF POLYMER SCIENCE PART A: POLYMER

CHEMISTRY 2011, 49, 4387-4397, 4389。

[0281] (5) 聚合物1的合成

[0282] 以下聚合物1通过以下过程来制备：用氯苯作为溶剂，将第一单元至第三单元的单体与 $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ 和 $\text{P}(\text{邻甲苯基})_3$ 一起引入，并使用微波反应器使所得物聚合。

[0283] [聚合物1]



[0285] 聚合物1的特性如下表1中所示。

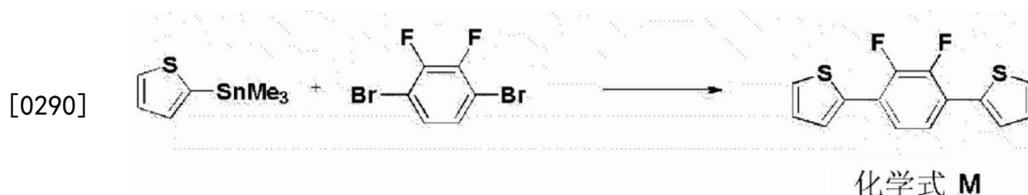
[0286] [表1]

Mn (数均分子量)	Mw (重均分子量)	PDI (分子量分布, Mw/Mn)	UV边缘 (膜的能带隙)
21,315	24,970	1.17	685.12
UV _(s) (溶液的UV最大)	UV _(f) (膜的UV最大)	HOMO能级	LUMO能级
1.82	1.81	5.53	3.72

[0287]

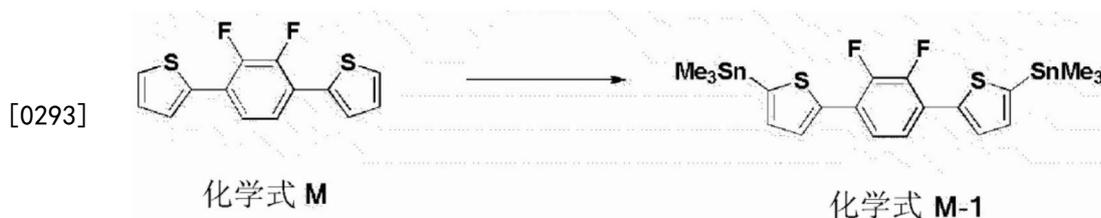
[0288] 制备例2. 聚合物2的合成

[0289] (1) 化学式M的合成



[0291] 在将甲苯引入到两种起始材料中并向其中添加0.05当量的四(三苯基膦)钯($\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$)之后，将所得物在 80°C 下搅拌15小时，反应溶液逐渐变为黑色。对其进行后处理，用硫酸镁干燥，然后重结晶以获得化学式M(白色粉末, 4.3g)。

[0292] (2) 化学式M-1(第一单元)的合成



[0294] 在将制备的化学式M溶解在四氢呋喃(THF)中并将温度降至 -78°C 之后，向其中添加2.1当量的正丁基锂($n\text{-BuLi}$)，并将所得物搅拌30分钟。之后，将所得物进一步在室温下

搅拌1小时,溶液颜色变为黄色。再次将温度降至-78℃,向其中添加2.1当量的三甲基氯化锡,并在将温度缓慢升至室温的同时将所得物搅拌12小时。12小时之后,溶液颜色变为赭色,并且当在后处理之后使所得物结晶时,获得有光泽的片型黄色固体形式的化学式M-1。

[0295] (3) 化学式K(第二单元)的合成

[0296] 以与制备例1的(3)中相同的方式合成化学式K。

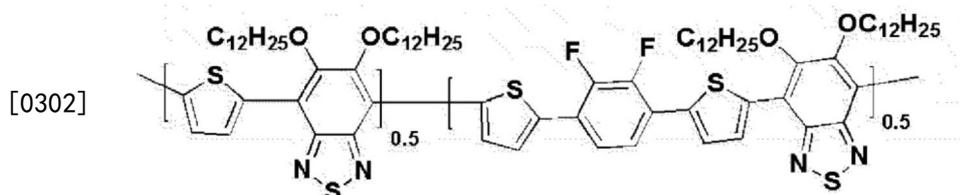
[0297] (4) 化学式L(第三单元)的合成

[0298] 以与制备例1的(4)中相同的方式合成化学式L。

[0299] (5) 聚合物2的合成

[0300] 以下聚合物2通过以下过程来制备:用氯苯作为溶剂,将第一单元至第三单元的单体与Pd₂(dba)₃和P(邻甲苯基)₃一起引入,并使用微波反应器使所得物聚合。

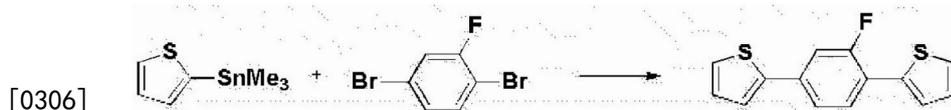
[0301] [聚合物2]



[0303] 聚合物2的特性如下表2中所示。

[0304] 制备例3. 聚合物3的合成

[0305] (1) 化学式N的合成



化学式 N

[0307] 在将甲苯引入到两种起始材料中并向其中添加0.05当量的四(三苯基膦)钯(0) (Pd(PPh₃)₄)之后,将所得物在80℃下搅拌15小时,反应溶液逐渐变为黑色。对其进行后处理,用硫酸镁干燥,然后重结晶以获得化学式N(白色粉末,4.3g)。

[0308] (2) 化学式N-1(第一单元)的合成



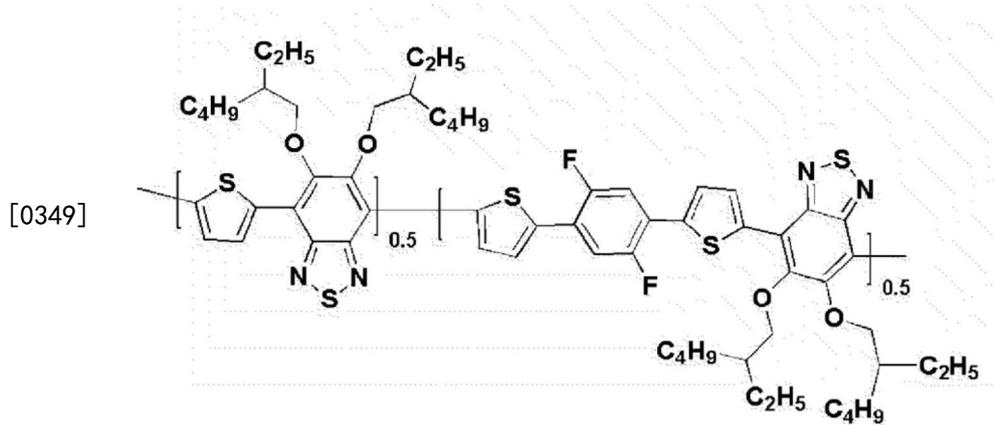
化学式 N

化学式 N-1

[0310] 在将制备的化学式N溶解在四氢呋喃(THF)中并将温度降至-78℃之后,向其中添加2.1当量的正丁基锂(n-BuLi),并将所得物搅拌30分钟。之后,将所得物进一步在室温下搅拌1小时,溶液颜色变为黄色。再次将温度降至-78℃,向其中添加2.1当量的三甲基氯化锡,并在将温度缓慢升至室温的同时将所得物搅拌12小时。12小时之后,溶液颜色变为赭色,并且当在后处理之后使所得物结晶时,获得有光泽的片型黄色固体形式的化学式N-1。

[0311] (3) 化学式K(第二单元)的合成

[0312] 以与制备例1的(3)中相同的方式合成化学式K。



[0350] 聚合物5的特性如下表2中所示。

[0351] [表2]

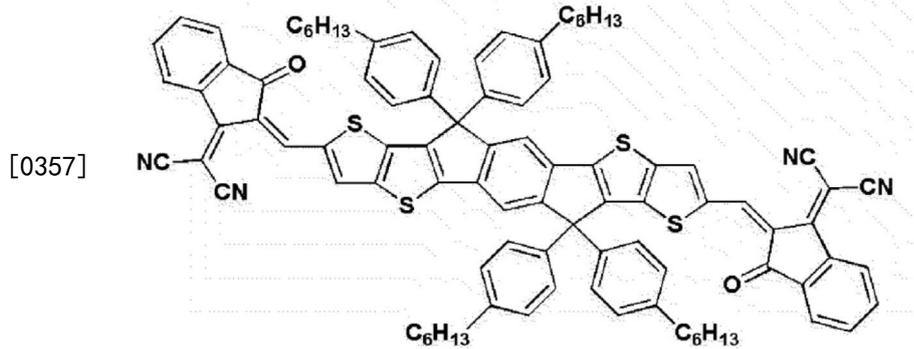
	Mn (数均分子量)	Mw (重均分子量)	PDI (分子量 分布, Mw/Mn)	UV 边缘 (膜的能带隙)
[0352] 聚合物 2	23,000	31,000	1.348	680
聚合物 3	21,000	26,000	1.238	678
聚合物 4	22,400	27,800	1.24	688
聚合物 5	20,500	24,700	1.205	681

[0353] <实施例:有机太阳能电池的制造>

[0354] 实施例1-1.

[0355] 将聚合物1和以下ITIC (Solarmer Materials Inc.) 以1:2的比例溶解在2ml氯苯 (CB) 中以制备复合溶液,在此,将复合溶液的浓度调节至2.0重量%,并且有机太阳能电池采用ITO/PEDOT:PSS/光活性层/A1 (阳极/空穴传输层/光活性层/阴极) 的结构。使用蒸馏水、丙酮和2-丙醇对涂覆有1.5cm×1.5cm条型ITO的玻璃基底进行超声清洗,并在对ITO表面进行臭氧处理10分钟之后,旋涂PEDOT:PSS (AI4083) 至45nm的厚度,并将所得物在235℃下热处理5分钟。对于光活性层涂覆,将聚合物1和ITIC的复合溶液以1,500rpm旋涂10秒,并使用热蒸镀机在 3×10^{-8} 托的真空下以1 Å/秒的速率沉积Al至100nm的厚度以制造有机太阳能电池。

[0356] [ITIC]



[0358] 实施例1-2.

[0359] 以与实施例1-1中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于将聚合物1和ITIC的复合溶液以2,000rpm旋涂10秒。

[0360] 实施例1-3.

[0361] 以与实施例1-1中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于将聚合物1和ITIC的复合溶液以2,500rpm旋涂10秒。

[0362] 实施例2-1至2-3.

[0363] 分别以与实施例1-1至1-3中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于使用制备例2中合成的聚合物2代替聚合物1。

[0364] 实施例3-1至3-3.

[0365] 分别以与实施例1-1至1-3中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于使用制备例3中合成的聚合物3代替聚合物1。

[0366] 实施例4-1至4-3.

[0367] 分别以与实施例1-1至1-3中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于使用制备例4中合成的聚合物4代替聚合物1。

[0368] 实施例5-1至5-3.

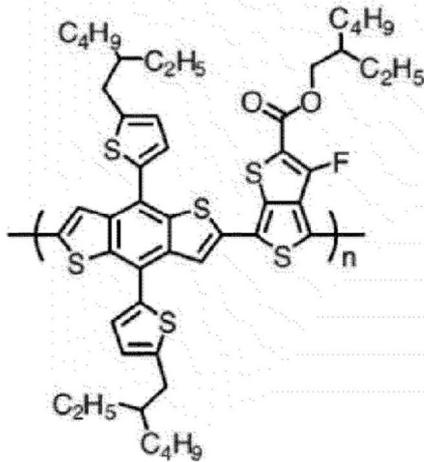
[0369] 分别以与实施例1-1至1-3中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于使用制备例5中合成的聚合物5代替聚合物1。

[0370] 比较例1.

[0371] 以与实施例1-1中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于使用通过将以下PTB7-Th和ITIC以1:1.3的比例溶解在25mg/ml邻二氯苯(ODCB)中制备的复合溶液代替聚合物1和ITIC的复合溶液。

[0372] [PTB7-Th]

[0373]



[0374] 比较例2.

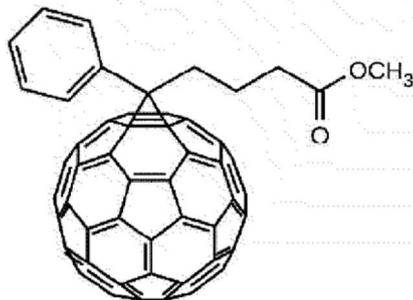
[0375] 以与比较例1中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于将PTB7-Th和ITIC的复合溶液以1,200rpm涂覆10秒。

[0376] 比较例3-1.

[0377] 以与实施例1-1中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于通过将聚合物1和PCBM代替聚合物1和ITIC以1:1的比例溶解来制备复合溶液,将浓度调节至2.5重量%,并将复合溶液的旋涂速率变为1,000rpm。

[0378] [PCBM]

[0379]



[0380] 比较例3-2.

[0381] 以与比较例3-1中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于将复合溶液的旋涂速率变为1,500rpm。

[0382] 比较例3-3.

[0383] 以与比较例3-1中相同的方式制造有机太阳能电池,不同之处在于将复合溶液的旋涂速率变为2,000rpm。

[0384] 在100mW/cm² (AM 1.5) 的条件下对实施例和比较例中制造的有机太阳能电池的光电转换特性进行测量,并且结果在下表3中示出。

[0385] [表3]

[0386]

	光活性层	沉积速率 (rpm)	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF	PCE(%)
实施例 1-1	聚合物 1: ITIC = 1:2	1,500	0.933	13.582	0.586	7.43
实施例 1-2		2,000	0.931	12.810	0.607	7.24
实施例 1-3		2,500	0.921	11.043	0.595	6.06
实施例 2-1	聚合物 2: ITIC = 1:2	1,500	0.914	13.119	0.618	7.41
实施例 2-2		2,000	0.916	13.180	0.621	7.50
实施例 2-3		2,500	0.907	12.762	0.597	6.91
实施例 3-1	聚合物 3: ITIC = 1:2	1,500	0.938	13.007	0.587	7.16
实施例 3-2		2,000	0.932	13.197	0.583	7.17
实施例 3-3		2,500	0.925	12.076	0.566	6.32
实施例 4-1	聚合物 4: ITIC = 1:2	1,500	0.919	13.054	0.569	6.82
实施例 4-2		2,000	0.924	13.258	0.578	7.08
实施例 4-3		2,500	0.913	12.538	0.568	6.50
实施例 5-1	聚合物 5: ITIC = 1:2	1,500	0.916	13.335	0.595	7.27
实施例 5-2		2,000	0.905	13.639	0.586	7.23
实施例 5-3		2,500	0.901	12.889	0.598	6.95

[0387]	比较例 1	PTB7-Th :	1,500	0.640	10.381	0.530	3.52
	比较例 2	ITIC = 1:1.3	1,200	0.623	11.267	0.426	2.99
	比较例 3-1	聚合物 1 : PCBM = 1:1	1,000	0.869	9.361	0.608	4.95
	比较例 3-2		1,500	0.876	9.872	0.651	5.63
	比较例 3-3		2,000	0.876	9.050	0.661	5.24

[0388] 图2是呈现实例1-1至1-3的有机太阳能电池的取决于电压的电流密度的图,以及图3是呈现比较例1和2的有机太阳能电池的取决于电压的电流密度的图。在表3中, V_{oc} 意指开路电压, J_{sc} 意指短路电流,FF意指填充因子,以及PCE意指能量转换效率。开路电压和短路电流各自为电压-电流密度曲线的四个象限中的x轴截距和y轴截距,并且随着这两个值增加,太阳能电池效率优选地提高。此外,填充因子是将可以在曲线内部绘制的矩形的面积除以短路电流与开路电压的乘积的值。当将这三个值除以照射光的强度时,可以获得能量转换效率,并且优选该值更高。

[0389] 在表3中看出,与包含PTB7-Th作为电子供体的比较例1和2的有机太阳能电池和包含基于富勒烯的化合物作为电子受体的比较例3-1至3-3的有机太阳能电池相比,包含根据本公开内容的一个实施方案的聚合物作为电子供体并且包含基于非富勒烯的化合物作为电子受体的有机太阳能电池具有更高的开路电压,具有优异的器件效率,并且具有优异的能量转换效率。具体地,确定了本申请的实施例的能量转换效率显示为6%或更高,并且优选7%或更高,而比较例的能量转换效率测量为低于6%。

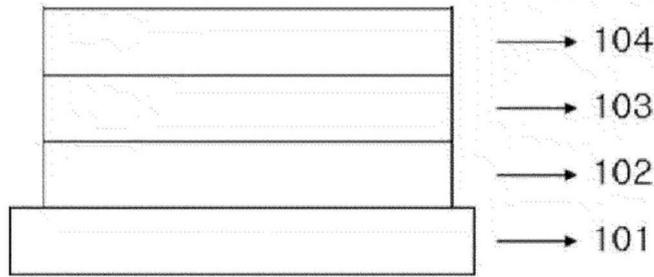


图1

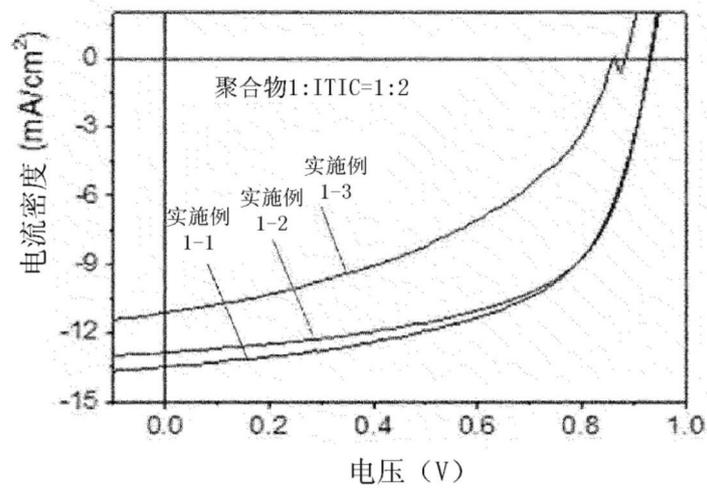


图2

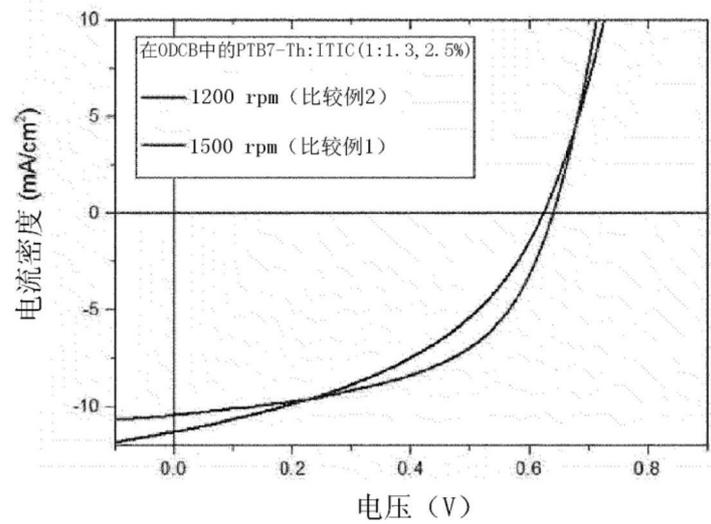


图3

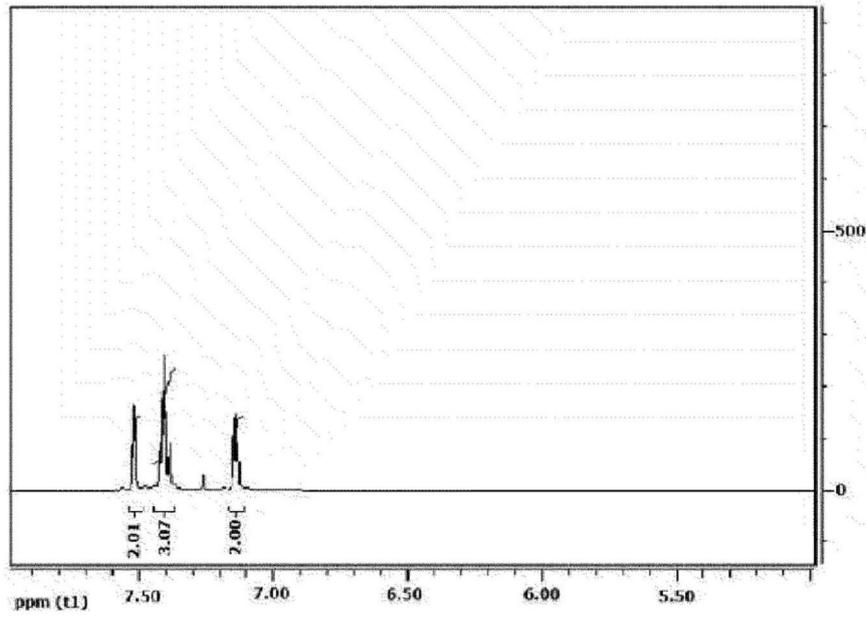


图4

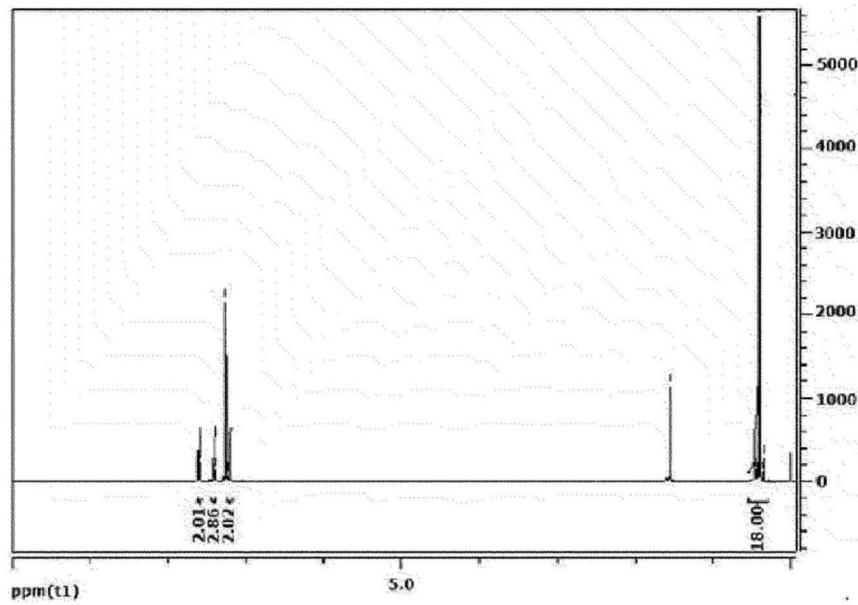


图5

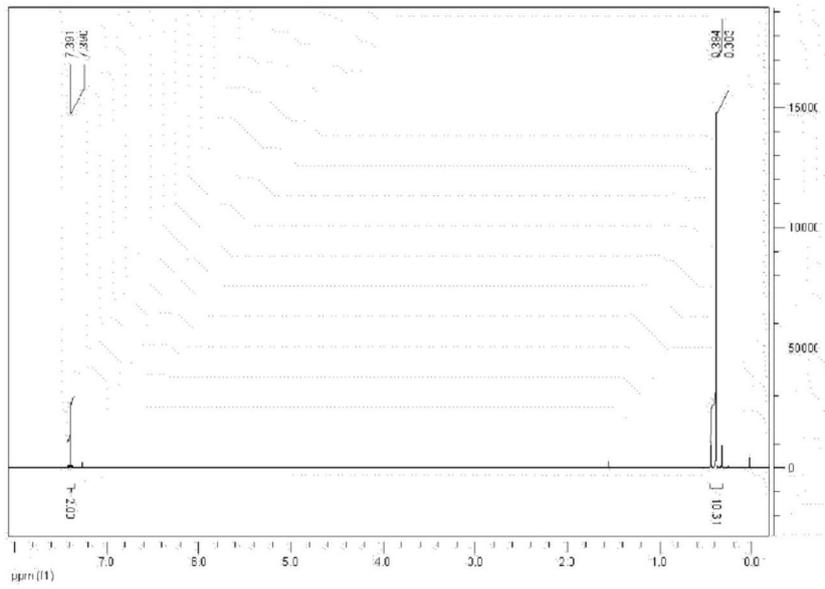


图6