

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101523628 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 30

(21) 申请号 200780025043. 3

H01L 51/00(2006. 01)

(22) 申请日 2007. 05. 01

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

60/796, 608 2006. 05. 01 US

CN 1684560 A, 2005. 10. 19,

US 634078922 B1, 2002. 01. 22,

CN 1682389 A, 2005. 10. 12,

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 12. 30

审查员 许媛媛

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/067925 2007. 05. 01

(87) PCT申请的公布数据

W02007/130972 EN 2007. 11. 15

(73) 专利权人 维克森林大学

地址 美国北卡罗来纳州

专利权人 箭头中心有限公司

(72) 发明人 戴维·L·卡罗尔 谢默斯·A·库兰

詹姆斯·L·德沃尔德

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 刘慧 杨青

(51) Int. Cl.

H01L 35/24(2006. 01)

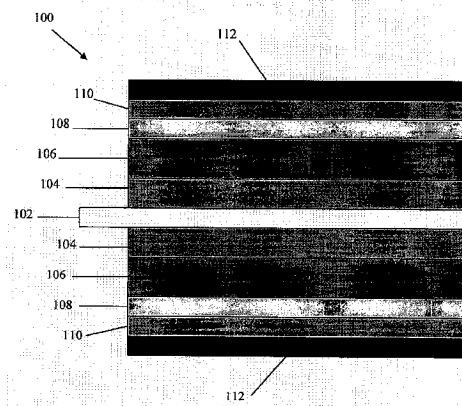
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 6 页

(54) 发明名称

纤维光电器件及其应用

(57) 摘要

本发明涉及有机光电子器件,特别涉及具有纤维结构的有机光电器件。在一个实施方案中,光电器件包括:包括铟锡氧化物纤维的第一电极,至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层,和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极。



1. 光电仪器,其包括:
包括铟锡氧化物纤维的第一电极;
至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层;和
围绕有机层并电连接到有机层的第二电极。
2. 权利要求 1 的光电仪器,其中光敏有机层包括光敏区。
3. 权利要求 2 的光电仪器,其中光敏区包括在供体材料和受体材料之间的至少一个体相异质结。
4. 权利要求 3 的光电仪器,其中供体材料包括聚合物相且受体材料包括纳米粒子相。
5. 权利要求 4 的光电仪器,其中聚合物相包括共轭聚合物。
6. 权利要求 5 的光电仪器,其中共轭聚合物包括聚(3-己基噻吩)、聚(3-辛基噻吩)或其混合物。
7. 权利要求 4 的光电仪器,其中纳米粒子相包括富勒烯、碳纳米管或其混合物。
8. 权利要求 7 的光电仪器,其中富勒烯包括 1-(3-甲氧基羰基)丙基-1-苯基(6,6)
C₆₁。
9. 权利要求 3 的光电仪器,其中供体材料包括有机金属化合物。
10. 权利要求 9 的光电仪器,其中有机金属化合物包括酞菁、卟啉或其衍生物。
11. 权利要求 1 的光电仪器,其中光敏有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。
12. 权利要求 1 的光电仪器,其中铟锡氧化物纤维的至少一端呈斜角。
13. 权利要求 1 的光电仪器,其中铟锡氧化物纤维的两端呈斜角。
14. 权利要求 1 的光电仪器,其中铟锡氧化物纤维的直径为 10 微米到 1 毫米。
15. 权利要求 1 的光电仪器,其中可透辐射的传导性氧化物被布置到铟锡氧化物纤维的表面上。
16. 权利要求 15 的光电仪器,其中可透辐射的传导性氧化物包括镓铟锡氧化物、铟锡氧化物、铟锡氧化物或铟锡氧化物。
17. 权利要求 1 的光电仪器,还包括与光敏有机层邻接的激子阻挡层。
18. 权利要求 17 的光电仪器,其中激子阻挡层经过蚀刻。
19. 光电仪器,其包括:
光学纤维芯;
围绕光学纤维芯的可透辐射的第一电极;
至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层;和
围绕有机层并电连接到有机层的第二电极,
其中有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。
20. 权利要求 19 的光电仪器,其中可透辐射的第一电极包括可透辐射的传导性氧化物。
21. 权利要求 20 的光电仪器,其中可透辐射的传导性氧化物包括镓铟锡氧化物、铟锡氧化物、铟锡氧化物或铟锡氧化物。
22. 权利要求 19 的光电仪器,其中光敏有机层包括光敏区。

23. 权利要求 22 的光电仪器,其中光敏区包括在供体材料和受体材料之间的至少一个体相异质结。

24. 权利要求 23 的光电仪器,其中供体材料包括聚合物相且受体材料包括纳米粒子相。

25. 权利要求 24 的光电仪器,其中聚合物相包括共轭聚合物。

26. 权利要求 25 的光电仪器,其中共轭聚合物包括聚(3-己基噻吩)、聚(3-辛基噻吩)或其混合物。

27. 权利要求 24 的光电仪器,其中纳米粒子相包括富勒烯、碳纳米管或其混合物。

28. 权利要求 27 的光电仪器,其中富勒烯包括 1-(3-甲氧基羰基)丙基-1-苯基(6,6)C₆₁。

29. 权利要求 24 的光电仪器,其中供体材料包括有机金属化合物。

30. 权利要求 29 的光电仪器,其中有机金属化合物包括酞菁、卟啉或其衍生物。

31. 权利要求 19 的光电仪器,其中至少一种上转换材料包括镧系元素。

32. 权利要求 19 的光电仪器,其中至少一种上转换材料包括铒、镱、镨、钕或其混合物。

33. 权利要求 19 的光电仪器,其中至少一种量子点包括 III/V 半导体材料、II/VI 半导体材料或其混合物。

34. 权利要求 19 的光电仪器,其中至少一种防伪染料包括磷光物质、荧光物质、热变色化学物质、光致变色化学物质或其混合物。

35. 权利要求 19 的光电仪器,其中光学纤维芯的至少一端呈斜角。

36. 权利要求 19 的光电仪器,其中光学纤维芯的两端呈斜角。

37. 权利要求 19 的光电仪器,其中光学纤维芯的直径为 10 微米到 1 毫米。

38. 权利要求 19 的光电仪器,还包括与光敏有机层邻接的激子阻挡层。

39. 权利要求 38 的光电仪器,其中激子阻挡层经过蚀刻。

40. 光电器件,其包括:

至少一个像素,该像素包括至少一个光电单元,该光电单元包括:

包括铟锡氧化物纤维的第一电极;

至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层;和

围绕有机层并电连接到有机层的第二电极。

41. 权利要求 40 的光电器件,其中至少一个像素包括多个光电单元。

42. 权利要求 41 的光电器件,其中多个光电单元成束。

43. 权利要求 40 的光电器件,其包括像素阵列。

44. 权利要求 43 的光电器件,其中阵列的每个像素包括多个光电单元。

45. 光电器件,其包括:

至少一个像素,该像素包括至少一个光电单元,该光电单元包括:

光学纤维芯;

围绕光学纤维芯的可透辐射的第一电极;

至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层;和

围绕有机层并电连接到有机层的第二电极,

其中有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点

或其组合。

46. 权利要求 45 的光电器件,其中至少一个像素包括多个光电单元。

47. 权利要求 46 的光电器件,其中多个光电单元成束。

48. 权利要求 45 的光电器件,其包括像素阵列。

49. 权利要求 48 的光电器件,其中阵列的每个像素包括多个光电单元。

50. 将电磁能转换成电能的方法,该方法包括:

沿着光学纤维的纵轴接收电磁辐射;

将电磁辐射透过围绕光学纤维的可透辐射的第一电极进入至少一个光敏有机层;

在至少一个光敏有机层内产生激子;和

将激子分离成电子和空穴,

其中至少一个光敏有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

51. 权利要求 50 的方法,还包括移动电子进入外部回路。

52. 权利要求 50 的方法,其中被接收的电磁辐射的波长范围为 400 纳米到 800 纳米。

53. 将电磁能转换成电能的方法,该方法包括:

沿着铟锡氧化物纤维的纵轴接收电磁辐射;

将电磁辐射透射进入至少一个围绕铟锡氧化物纤维的光敏有机层;

在有机层内产生激子;和

将激子分离成电子和孔穴。

54. 权利要求 53 的方法,还包括移动电子进入外部回路。

55. 权利要求 53 的方法,其中被接收的电磁辐射的波长范围为 400 纳米到 800 纳米。

纤维光电器件及其应用

[0001] 相关的美国申请优先权

[0002] 本申请要求 2006 年 5 月 1 日提交的美国临时专利申请 60/796,608 的优先权。

[0003] 政府许可权的声明

[0004] 本发明由美国国防部援助（美国空军科学研究办公室 (AFOSR) 支助号 FA9550-04-1-0161) 进行。联邦政府可以保留本发明的某些许可权。

技术领域

[0005] 本发明涉及有机光电子器件,特别涉及具有纤维结构的有机光电器件。

背景技术

[0006] 采用有机材料的光电子器件由于许多原因而在各种应用中变得越来越令人期待。用于构建有机光电子器件的材料与它们的无机对应物相比相对便宜,从而提供了优于用无机材料制造的光电子器件的成本优点。另外,有机材料提供了所希望的物理特性,诸如柔性,这使得它们可用在不适合刚性材料的应用中。有机光电子器件的例子包括有机光电电池,有机发光器件 (OLED) 和有机光检测器。

[0007] 光电器件当跨接在负载上并暴露在光下时通过产生光生电流而将电磁辐射转换成电。由光电电池产生的电能可用在许多应用中,包括发光、发热、电池充电和需要电能的供电装置。

[0008] 当在无限大负载下被辐射时,光电器件产生其最大可能的电压,即,开路电压或 V_{oc} 。当在其电接触短路条件下被辐射时,光电器件产生其最大电流,即,短路电流或 I_{sc} 。在工作条件下,将光电器件连接到有限负载,并且电功率输出等于电流和电压的乘积。由光电器件产生的最大功率不能超过 V_{oc} 和 I_{sc} 的乘积。当为产生最大功率而优化负载值时,电流和电压分别具有 I_{max} 值和 V_{max} 值。

[0009] 在评价光电单元的性能中,关键特征是填充因子 ff 。填充因子是光电单元的实际功率与当电流和电压二者都处在其最大值时光电单元的功率的比。光电单元的填充因子根据以下方程式 (1) 被提供:

$$[0010] \quad ff = (I_{max} V_{max}) / (I_{sc} V_{oc}) \quad (1)$$

[0011] 光电填充因子总是低于 1,因为绝不能在工作条件下同时获得 I_{sc} 和 V_{oc} 。虽然如此,当填充因子接近 1 时,器件显示较小内阻,并因此在优化条件下向负载递送更大百分数的电能。

[0012] 光电器件另外的特征在于它们将电磁能转换成电能的效率。光电器件的转换效率 η_p 根据方程式 (2) 被提供,其中 P_{inc} 是入射到光电器件上的光的功率:

$$[0013] \quad \eta_p = ff * (I_{sc} V_{oc}) / P_{inc} \quad (2)$$

[0014] 采用晶硅或非晶硅的器件在商业应用中占主导,并且一些器件实现了 23% 或更大的效率。然而,基于结晶的高效器件,特别是具有大的表面积的器件,制造困难并且成本高,由于在制造不含促进激子重组的晶体缺陷的较大结晶中的问题所致。市售的非晶硅光

电电池的转换效率为约 4 到 12%。

[0015] 构建与无机器件相比具有效率的有机光电器件是一项技术挑战。一些有机光电器件显示了约 1% 或更低的转换效率。有机光电器件显示低效率的原因是在激子扩散长度 (L_D) 和有机层厚度之间的严重的长度比不匹配。为了高效率地吸收可见光电磁辐射, 有机膜的厚度必须为约 500 纳米。这一厚度大大地超过了激子扩散长度 (其一般为约 50 纳米), 通常引发激子重组。

[0016] 已经开发了包括纤维结构的光电器件和在将电磁能转换成电能的方法中采用导波 (wave-guiding), 如 2006 年 5 月 1 日提交并转让给 WakeForest University 的 PCT 申请“Organic Optoelectronic Devices and Applications Thereof (有机光电子器件及其应用)”中所述的。具有纤维结构的有机光电器件可以提供可与无机器件相比的并高于无机器件的转换效率。然而, 希望进一步提高具有纤维结构的有机光电器件的效率。

[0017] 发明概述

[0018] 本发明提供了具有纤维结构的有机光电器件。在一实施方案中, 本发明提供了有机光电器件, 其包括: 包括铟锡氧化物纤维的第一电极, 至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层, 和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极。

[0019] 在另一个实施方案中, 本发明提供了有机光电器件, 其包括纤维芯, 围绕纤维芯的可透辐射的第一电极, 至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层, 和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极, 其中光敏有机层包括至少一种上转换材料 (upconverter)、反斯托克斯材料 (anti-Stokes material)、激光染料、防伪染料、量子点 (quantum dot) 或其组合。

[0020] 在另一个实施方案中, 本发明提供了包括至少一个像素的光电器件, 该像素包括至少一个光电单元, 该光电单元包括: 包括铟锡氧化物纤维的第一电极, 至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层, 和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极。

[0021] 在另一个实施方案中, 光电器件包括至少一个像素, 该像素包括至少一个光电单元, 该光电单元包括: 纤维芯, 围绕纤维芯的可透辐射的第一电极, 至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层, 和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极, 其中光敏有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

[0022] 在一些实施方案中, 像素包括多个光电单元。在其它实施方案中, 光电器件包括像素阵列。在另外的实施方案中, 光电器件包括像素阵列, 每个像素包括多个光电单元。

[0023] 本发明还提供了制造纤维光电器件的方法, 该方法包括: 提供光学纤维芯, 在光学纤维芯的表面上布置可透辐射的第一电极, 布置至少一个与第一电极电相通的光敏有机层, 和布置与有机层电相通的第二电极, 其中至少一个光敏有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

[0024] 在另一个实施方案中, 制造纤维光电器件的方法包括: 提供铟锡氧化物纤维芯, 布置至少一个与铟锡氧化物纤维芯电相通的光敏有机层, 和布置与光敏有机层电相通的第二电极。

[0025] 本发明另外提供了将电磁能转换成电能的方法。在一个实施方案中, 将电磁能转换成电能的方法包括沿着光学纤维的纵轴接收辐射, 将辐射透射进入至少一个光敏有机

层,在有机层内产生激子,和将激子分离成电子和孔穴,其中有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。在一些实施方案中,将电磁能转换成电能的方法还包括移动电子进入外部回路。

[0026] 在另一个实施方案中,将电磁能转换成电能的方法包括:沿着铟锡氧化物纤维的纵轴接收电磁辐射,将电磁辐射透射进入至少一个围绕铟锡氧化物纤维的光敏有机层,在有机层内产生激子,和将激子分离成电子和孔穴。

[0027] 在本发明的方法的一些实施方案中,被接收的电磁辐射包括可见光电磁辐射、红外电磁辐射、紫外电磁辐射或其组合。

[0028] 本发明的这些和其它实施方案在以下的发明的详细说明中更详细进行描述。

附图说明

[0029] 图 1 表示根据本发明实施方案包括纤维结构的光电器件的截面图。

[0030] 图 2 表示根据本发明实施方案包括纤维结构的光电器件的截面图。

[0031] 图 3 表示根据本发明实施方案包括纤维结构的光电器件的截面图。

[0032] 图 4 表示根据本发明实施方案的有机光电器件在纤维端面处作为入射角的函数的吸收强度谱图。

[0033] 图 5 表示在根据本发明实施方案的纤维光电器件中行进电磁辐射的折射。

[0034] 图 6 表示根据本发明实施方案为实现在光敏有机层的界面处的全内反射而作为折射率的函数的入射角的理论曲线。

[0035] 本发明的详细说明

[0036] 本发明提供了具有纤维结构的有机光电器件。在一个实施方案中,本发明提供了有机光电器件,其包括:包括铟锡氧化物纤维的第一电极,至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层,和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极。

[0037] 在另一个实施方案中,本发明提供了有机光电器件,其包括光学纤维芯,围绕光学纤维芯的可透辐射的第一电极,至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的有机层,和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极,其中有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

[0038] 适用于本发明实施方案的光电器件的组件(包括光学纤维芯,第一和第二电极,以及光敏有机层)的组合物在 2006 年 5 月 1 日提交的 PCT 申请“Organic Optoelectronic Devices and Applications Thereof(有机光电子器件及其应用)”中有述。

[0039] 现在描述可被并入本发明光电器件的多种实施方案中的组件,本发明的光电器件包括光学纤维芯。在本发明的一些实施方案中,本发明的光电器件的光学纤维芯包括铟锡氧化物纤维。当光学纤维芯包括铟锡氧化物纤维时,分开的和不同的第一电极是非必要的。在一些实施方案中,铟锡氧化物纤维芯充当光学纤维芯和第一电极二者。在其它实施方案中,包括可透辐射的传导性氧化物的第一电极可布置到铟锡氧化物纤维的表面上。在该实施方案中,可透辐射的传导性氧化物可包括镓铟锡氧化物(GITO),锌铟锡氧化物(ZITO),锑锡氧化物(ATO)或铟锡氧化物。

[0040] 在另一个实施方案中,包括金属并具有可行厚度以便至少部分地透射可见光辐射的第一电极可布置到铟锡氧化物纤维的表面上。在一些实施方案中,用于充当可透辐射的

第一电极的金属包括基本上纯的金属或合金。在一些实施方案中,适当的金属包括具有高功函数的金属例如金和银。在一个实施方案中,例如,高功函数金属具有大于 4.7eV 的功函数。包括金属的第一电极可具有可行厚度以便至少部分地透过可见光辐射。在一些实施方案中,包括金属的可透辐射的第一电极的厚度为约 50 纳米到约 200 纳米。在其它实施方案中,包括金属的可透辐射的第一电极可具有的厚度为约 75 纳米到约 150 纳米。在其它的实施方案中,包括金属的可透辐射的第一电极的厚度为约 100 纳米到约 125 纳米。

[0041] 在其它的实施方案中,包括复合材料的可透辐射的第一电极可布置到铟锡氧化物纤维的表面上,所述复合材料包括分散在聚合物相中的纳米粒子相。在一个实施方案中,纳米粒子相可以包括碳纳米管、富勒烯或其混合物。

[0042] 另外,在一些实施方案中,光学纤维芯包括玻璃光纤、石英光纤或塑料光纤 (POF)。在一些实施方案中,塑料光纤由聚甲基丙烯酸甲酯构成。在其它实施方案中,塑料光纤由包括全氟环丁烷 (PFBC) 的聚合物如全氟环丁烷聚芳基醚构成。根据本发明的一些实施方案,光纤可以包括单模光纤和多模光纤。在一些实施方案中,用在本发明中的光纤是柔性的。

[0043] 在一些实施方案中,本发明的光电器件的光学纤维芯的直径为约 1 微米到约 2 毫米。在其它实施方案中,光学纤维芯的直径可为约 90 微米到约 1 毫米。在其它实施方案中,纤维芯的直径为约 20 微米到约 800 微米。

[0044] 根据一些实施方案,光学纤维芯的长度为约 500 纳米到约 100 毫米。在其它实施方案中,光学纤维芯的长度为约 1 微米到约 1 毫米。在其它实施方案中,光学纤维芯的长度为约 10 微米到约 100 微米。

[0045] 在其它实施方案中,有机光电器件的光学纤维芯在其一端或两端可以是斜角或锥形角。在一些实施方案中,光学纤维芯的一端或两端呈斜角或锥形角可以提高芯对电磁辐射的接收。在其它实施方案中,聚光器和 / 或透镜可用于增加被本发明的有机光电器件的光学纤维芯接收的电磁辐射的量。

[0046] 在本发明的一些实施方案中,光电器件包括围绕光学纤维芯的可透辐射的第一电极。本文使用的“可透辐射的”是指能够至少部分地透过处在电磁谱的可见光谱区内的辐射。在一些实施方案中,可透辐射的材料可在最小吸收或其它干涉的条件下透过可见光电磁辐射。另外,本文使用的“电极”是指为递送光生电流到外部回路或提供偏压到光电器件提供介质的层。电极提供了在有机光电子器件的光敏区和金属丝 (wire)、导线 (lead)、迹线 (trace) 或其它用于传输电荷载体到外部回路或从外部回路运输电荷载体的机构之间的界面。

[0047] 根据本发明的一些实施方案,可透辐射的第一电极包括可透辐射的传导性氧化物。在一些实施方案中,可透辐射的传导性氧化物包括铟锡氧化物 (ITO)、镓铟锡氧化物 (GITO)、锑锡氧化物 (ATO) 和锌铟锡氧化物 (ZITO)。在另一个实施方案中,可透辐射的第一电极包括可透辐射的聚合物材料例如聚苯胺 (PANI) 及其化学相关物。在一些实施方案中,3,4- 聚亚乙氧基噻吩 (PEDOT) 是用于第一电极的适当的可透辐射的聚合物材料。在其它实施方案中,可透辐射的第一电极包括具有可行厚度以便至少部分地透过可见光电磁辐射的碳纳米管层。

[0048] 在另一个实施方案中,可透辐射的第一电极包括复合材料,该复合材料包括分散在聚合物相中的纳米粒子相。在一个实施方案中,纳米粒子相可以包括碳纳米管、富勒烯或

其混合物。在其它实施方案中,可透辐射的第一电极包括具有可行厚度以便至少部分地透过可见光电磁辐射的金属层。在一些实施方案中,金属层可以包括基本上纯的金属或合金。适用作可透辐射的第一电极的金属可以包括本文所述的高功函数金属。

[0049] 在一些实施方案中,可透辐射的第一电极的厚度为约 10 纳米到约 1 微米。在其它实施方案中,可透辐射的第一电极的厚度为约 100 纳米到约 900 纳米。在另一个实施方案中,可透辐射的第一电极的厚度为约 200 纳米到约 800 纳米。在其它实施方案中,可透辐射的第一电极的厚度可以大于 1 微米。

[0050] 在本发明的一些实施方案中,光电器件包括至少一个光敏有机层,该光敏有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。根据一些实施方案,光电器件可以包括多个光敏有机层。

[0051] 在一些实施方案中,光敏有机层的厚度为约 30 纳米到约 1 微米。在其它实施方案中,光敏有机层的厚度为约 80 纳米到约 800 纳米。在其它实施方案中,光敏有机层的厚度为约 100 纳米到约 300 纳米。

[0052] 根据本发明的实施方案,光敏有机层包括至少一个光敏区,在该光敏区电磁辐射被吸收以产生激子,随后激子被分离成电子和孔穴。在一些实施方案中,光敏区可以包括聚合物。在一个实施方案中,适用于光敏有机层的光敏区中的聚合物可以包括诸如噻吩类的共轭聚合物,包括聚(3-己基噻吩)(P3HT)、聚(3-辛基噻吩)(P3OT)和聚噻吩(PTh)。

[0053] 在一些实施方案中,适用于光敏有机层的光敏区中的聚合物可以包括半导体聚合物。在一个实施方案中,半导体聚合物包括亚苯基亚乙烯基聚合物,如聚(亚苯基亚乙烯基)和聚(对亚苯基亚乙烯基)(PPV)及其衍生物。在其它实施方案中,半导体聚合物包括聚芴,聚萘及其衍生物。在其它实施方案中,用在光敏有机层的光敏区中的半导体聚合物包括聚(2-乙炔基吡啶)(P2VP)、聚酰胺、聚(N-乙炔基咪唑)(PVCZ)、聚吡咯(PPy)和聚苯胺(PAn)。

[0054] 根据一些实施方案,光敏区可以包括小分子。在一个实施方案中,适用于光敏有机层的光敏区中的小分子包括香豆素 6、香豆素 30、香豆素 102、香豆素 110、香豆素 153 和香豆素 480 D。在另一个实施方案中,小分子包括部花青 540。在其它实施方案中,小分子包括 9,10-二氢苯并[a]芘-7(8H)-酮、7-甲基苯并[a]芘、芘、苯并[e]芘、3,4-二羟基-3-环丁烯-1,2-二酮和 1,3-二[4-(二甲基氨基)苯基]-2,4-二羟基环丁烯二基鎓二氢氧化物。

[0055] 在本发明的一些实施方案中,激子分离物被淀积在有机层内的在相邻的供体材料和受体材料之间的异质结处。在本发明的一些实施方案中,有机层包括在供体材料和受体材料之间形成的至少一个体相异质结。在其它实施方案中,有机层包括在供体材料和受体材料之间形成的多个体相异质结。

[0056] 在关于有机材料的上下文中,术语供体和受体是指两种接触但不相同的有机材料的最高占有分子轨道(HOMO)能级和最低未占分子轨道(LUMO)能级的相对位置。这一定义与在无机领域中这些术语的使用是不同的,在无机领域中,供体和受体是指可用来分别产生无机 n-型和 p-型层的掺杂物类型。在有机领域中,如果与其它材料接触的一种材料的 LUMO 能级更低,则该材料是受体。否则,该材料是供体。在没有外加偏置的情况下,对于在供体-受体异质结处要移动进入受体材料的电子和对于要移动进入供体材料的孔穴而言,这在能量方面是有利的。

[0057] 根据本发明的一些实施方案,光敏有机层中的光敏区包括聚合物复合材料。在一个实施方案中,聚合物复合材料可以包括分散在聚合物相中的纳米粒子相。适用于制造光敏区的聚合物相的聚合物可以包括诸如噻吩类的共轭聚合物,包括聚(3-己基噻吩)(P3HT)和聚(3-辛基噻吩)(P3OT)。在实施方案中,适用于制造光敏区的聚合物相的聚合物包括聚[2-(3-噻吩基)-乙氧基-4-丁基磺酸酯](PTEBS),2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛基氧基)-1,4-亚苯基-亚乙烯基(MDMO-PPV),和聚[2-甲氧基-5-(2'-乙基己基氧基)-对-亚苯基-亚乙烯基](MEH-PPV)。

[0058] 在一些实施方案中,分散在聚合物复合材料中的聚合物相中的纳米粒子相包括至少一种碳纳米粒子。碳纳米粒子可以包括富勒烯、碳纳米管或其混合物。在一个实施方案中,适用于纳米粒子相中的富勒烯可以包括1-(3-甲氧基羰基)丙基-1-苯基(6,6)C₆₁(PCBM)。根据一些实施方案,用在纳米粒子相中的碳纳米管可以包括单壁纳米管、多壁纳米管或其混合物。

[0059] 在本发明的一些实施方案中,聚合物复合材料中聚合物对纳米粒子的比为约1:4到约1:0.4。在其它实施方案中,聚合物复合材料中聚合物对纳米粒子的比为约1:2到约1:0.6。例如,在一个实施方案中,聚(3-己基噻吩)对PCBM的比为约1:1到约1:0.4。

[0060] 在其它实施方案中,分散在聚合物相中的纳米粒子相包括至少一种纳米晶须(nanowhisker)。本文使用的纳米晶须是指由多个碳纳米粒子形成的结晶碳纳米粒子。在一些实施方案中,纳米晶须通过对包括聚合物复合材料的光敏有机层进行退火而制造。根据一些实施方案,可形成纳米晶须的碳纳米粒子可包括单壁碳纳米管、多壁碳纳米管和富勒烯。在一个实施方案中,纳米晶须包括结晶PCBM。在一些实施方案中,光敏有机层的退火可以进一步增加纳米粒子相在聚合物相中的分散。

[0061] 在包括聚合物相和纳米粒子相的光敏区的实施方案中,聚合物相充当供体材料且纳米粒子相充当受体材料,从而形成用于将激子分离成孔穴和电子的异质结。在其中纳米粒子分散在整个聚合物相中的实施方案中,有机层的光敏区包括多个体相异质结。

[0062] 在其它实施方案中,光敏有机层的光敏区中的供体材料可以包括有机金属化合物,包括卟啉、酞菁及其衍生物。通过在光敏区中使用有机金属材料,引入这种材料的光敏器件可有效地利用三重态激子。据信对于有机金属化合物而言单重态-三重态混合如此强大,从而吸收牵涉从单重态基态直接激发到三重态激发态,消除了与从单重态激发态向三重态激发态转化时有关的损失。三重态激子与单重态激子相比具有更长的寿命和扩散长度,使得可以采用更厚的光敏区,因为三重态激子可扩散更大的距离以到达供体-受体异质结,而不损失器件效率。

[0063] 在其它实施方案中,光敏有机层的光敏区中的受体材料可以包括二萘嵌苯、萘及其衍生物。

[0064] 如上文所述,根据本发明的一些实施方案,光敏有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。在一些实施方案中,上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合通过本领域技术人员已知技术被混入光敏有机层中。

[0065] 如本领域技术人员可理解的,上转换材料是这样一种材料,其可发射的电磁辐射所具有的能量高于被材料所吸收的电磁辐射能从而产生激发态。在一些实施方案中,适用

于本发明的上转换材料可以吸收红外辐射并发射在可被本发明的光电器件的光敏有机层吸收的波长处的可见光辐射。

[0066] 在一些实施方案中,上转换材料包括包含至少一种镧系元素的材料。在一些实施方案中,上转换材料可包括包含至少一种镧系元素的纳米粒子。根据本发明的一些实施方案,适用于上转换材料中的镧系元素包括铒、镱、镨、钕或其混合物。在一些实施方案中,上转换材料包括掺杂有铒、镱、镨、钕的离子或其混合物的金属氧化物和金属硫化物。在其它实施方案中,除了光敏有机层之外,光学纤维也可直接掺杂有铒、镱、镨、钕的离子或其混合物。

[0067] 在一些实施方案中,上转换材料包括有机化学物质。有机上转换材料包括 H_2C_6N 和 4-二烷基氨基-1,8-萘二甲酰亚胺以及 1,8-萘二甲酰亚胺衍生物和配合物 (compounds), 如多支链萘二甲酰亚胺衍生物 TPA-NA1、TPA-NA2 和 TPA-NA3。有机上转换材料还可包括 4-(二甲基氨基)肉桂腈(顺式和反式)、反式-4-[4-(二甲基氨基)苯乙烯基]-1-甲基吡啶鎓碘化物、4-[4-(二甲基氨基)苯乙烯基]吡啶、4-(二乙基氨基)苯甲醛二苯基脒、反式-4-[4-(二甲基氨基)苯乙烯基]-1-甲基吡啶鎓对甲苯磺酸盐、2-[乙基[4-[2-(4-硝基苯基)乙烯基]苯基]氨基]乙醇、4-二甲基氨基-4-硝基均二苯乙烯、分散橙 (Disperse Orange) 25、分散橙 3 和分散红 (Disperse Red) 1。

[0068] 在其它实施方案中,上转换材料可包括量子点。根据一些实施方案,量子点可包括 III/V 和 II/VI 半导体材料,诸如硒化镉 (CdSe)、碲化镉 (CdTe)、硫化镉 (CdS)、硫化铅 (PbS)、硒化铅 (PbSe) 和硒化锌 (ZnSe)。上转换材料还可包括核-壳构造的量子点。

[0069] 除了上文所述之外,本发明的实施方案涵盖了另外的上转换材料,包括过渡金属例如铬。

[0070] 根据一些实施方案,适合并入光敏有机层中的反斯托克斯材料、激光染料和防伪染料包括被取代的二苯甲酮,联苯类 (biphenyls), 二苯基类 (diphenyls), 红外染料如聚甲炔, 和光谱增敏剂例如花青和部花青。适当的防伪染料可以包括磷光物质、荧光物质、热变色化学物质和 / 或光致变色化学物质。

[0071] 本发明的光电器件包括围绕光敏有机层的第二电极。在一些实施方案中,第二电极可以包括金属。本文使用的“金属”是指由基本上纯的金属如金组成的材料,还指金属合金,金属合金包括由两种或更多种基本上纯的材料组成的材料。在一些实施方案中,第二电极包括金、银、铝、铜或其组合。根据一些实施方案,第二电极的厚度为约 10 纳米到约 10 微米。在其它实施方案中,第二电极的厚度为约 100 纳米到约 1 微米。在其它实施方案中,第二电极的厚度为约 200 纳米到约 800 纳米。

[0072] 根据一些实施方案,包括氟化锂 (LiF) 的层可以布置在光敏有机层和第二电极之间。LiF 层的厚度可为约 5 埃到约 10 埃。

[0073] 在一些实施方案中,LiF 层可以至少部分地被氧化,得到包括氧化锂 (Li_2O) 和 LiF 的层。在其它实施方案中,LiF 层可以完全地被氧化,得到不含或实质上不含 LiF 的氧化锂层。在一些实施方案中,LiF 层可以通过将 LiF 层暴露在氧、水蒸汽或其组合下被氧化。例如,在一个实施方案中,通过将 LiF 层暴露在包括分压低于约 10^{-6} 托的水蒸汽和 / 或氧气的大气中将 LiF 层氧化。在另一个实施方案中,通过将 LiF 层暴露在包括分压低于约 10^{-7} 托或低于约 10^{-8} 托的水蒸汽和 / 或氧气的大气中将 LiF 层氧化。

[0074] 在一些实施方案中, LiF 层在包括水蒸汽和 / 或氧气的大气中暴露的时段为约 1 小时到约 15 小时。在一个实施方案中, LiF 层在包括水蒸汽和 / 或氧气的大气中暴露的时段大于约 15 小时。在其它实施方案中, LiF 层在包括水蒸汽和 / 或氧气的大气中暴露的时段低于约 1 小时。根据本发明的一些实施方案, LiF 层在包括水蒸汽和 / 或氧气的大气中暴露的时段根据大气中水蒸汽和 / 或氧气的分压的不同而异。水蒸汽或氧气的分压越高, 则暴露时段越短。

[0075] 根据本发明的一些实施方案, 有机光电器件可以另外包括附加层诸如一个或多个激子阻挡层。在本发明的实施方案中, 激子阻挡层 (EBL) 可以用来限制光生激子到接近分离界面的区域, 并防止寄生激子在光敏有机层 / 电极界面处猝灭。除了限制激子可扩散的路径之外, EBL 另外可担当扩散屏障, 以阻挡在电极淀积期间被引入的物质。在一些实施方案中, EBL 可以具有足够的厚度从而用来填充否则会使有机光电器件不能工作的针孔或短路缺陷 (shorting defects)。

[0076] 根据本发明的一些实施方案, EBL 包括聚合物复合材料。在一个实施方案中, EBL 包括分散在 3,4- 聚亚乙二氧基噻吩 : 聚苯乙烯磺酸 (PEDOT:PSS) 中的碳纳米粒子。在另一个实施方案中, EBL 包括分散在聚偏二氯乙烯及其共聚物中的碳纳米粒子。分散在聚合物相 (包括 PEDOT:PSS 和聚偏二氯乙烯) 中的碳纳米粒子可以包括单壁纳米管、多壁纳米管、富勒烯或其混合物。在其它实施方案中, EBL 可以包括任何具有功函数能量从而可以允许孔穴传输而阻止电子通过的聚合物。

[0077] 在一些实施方案中, EBL 可被布置在光电器件的可透辐射的第一电极和光敏有机层之间。在一些实施方案中, 当光电器件包括多个光敏有机层时, EBL 可被布置在多个光敏有机层之间。

[0078] 在一些实施方案中, 本发明的光电器件还包括围绕第二电极的保护层。保护层可以为本文所述的光电器件提供增加的持久性, 从而允许它们可用在各种应用 (包括光电应用) 中。在一些实施方案中, 保护层包括聚合物复合材料。在一个实施方案中, 保护层包括分散在聚偏二氯乙烯中的纳米粒子。根据一些实施方案, 分散在聚偏二氯乙烯中的纳米粒子可以包括单壁碳纳米管、多壁碳纳米管、富勒烯或其混合物。

[0079] 在一些实施方案中, 本发明的光电器件还包括外部金属接触。在一个实施方案中, 外部金属接触围绕第二电极并与第二电极电相通。在一些实施方案中, 外部金属接触可进行操作从而在纤维光电器件的至少一部分周长和长度内获取电流。在其它实施方案中, 外部金属接触可进行操作从而在纤维光电器件的整个长度和周长范围内获取电流。在一些实施方案中, 外部金属接触可以包括金属, 包括金、银或铜。在其它实施方案中, 外部金属接触可进行操作从而将未被吸收的电磁辐射反射回到至少一个光敏有机层中用于进一步吸收。

[0080] 根据本发明的一些实施方案, 光电器件还包括电荷转移层。本文使用的“电荷转移层”是指仅仅递送电荷载体从光电器件的一个区段到另一区段的层。例如, 在一个实施方案中, 电荷转移层可以包括激子阻挡层。

[0081] 在一些实施方案中, 电荷转移层可被布置在光敏有机层和可透辐射的第一电极之间和 / 或光敏有机层和第二电极之间。在其它实施方案中, 电荷转移层可被布置在光电器件的第二电极和保护层之间。根据一些实施方案, 电荷转移层不具有光敏性。

[0082] 图 1 表示根据本发明的一个实施方案具有纤维结构的光电器件的截面图。图 1 所

示的光电器件 (100) 包括铟锡氧化物纤维芯 (102)。铟锡氧化物 (102) 光学纤维芯被激子阻挡层 (104) 围绕。在一些实施方案中,EBL 包括分散在聚合物相例如 3,4- 聚亚乙二氧基噻吩 (PEDOT) 或聚偏二氯乙烯中的碳纳米粒子。

[0083] EBL(104) 被光敏有机层 (106) 围绕。在一些实施方案中,光敏有机层 (106) 包括 P3HT- 碳纳米粒子聚合物复合材料。在一些实施方案中,光敏有机层 (106) 还包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

[0084] 在一些实施方案中,光敏有机层 (106) 与铟锡氧化物纤维芯 (102) 直接电相通。在图 1 所示的实施方案中,激子阻挡层 (104) 被布置在铟锡氧化物纤维芯 (102) 和光敏有机层 (106) 之间,从而在铟锡氧化物纤维芯 (102) 和光敏有机层 (106) 之间提供了间接的电相通。

[0085] 光敏有机层 (106) 被第二电极 (108) 围绕。在一些实施方案中,光敏有机层 (106) 与第二电极 (108) 直接电相通。在其它实施方案中,阻挡层 (未示出) 可被布置在光敏有机层 (106) 和第二电极 (108) 之间,从而在光敏有机层 (106) 和第二电极 (108) 之间提供了间接的电相通。在一些实施方案中,第二电极 (108) 可包括金属。适用作第二电极 (108) 的金属可以包括基本上纯的金属或合金。在一个实施方案中,第二电极 (108) 可以包括具有低于 3.8eV 功函数的金属或合金,如钙、镁和 MgIn。

[0086] 第二电极 (108) 被包括聚合物复合材料的保护层 (110) 围绕。在一些实施方案中,保护层 (110) 的聚合物复合材料包括分散在聚偏二氯乙烯和 / 或其共聚物中的碳纳米粒子。碳纳米粒子可以包括单壁碳纳米管、多壁碳纳米管、富勒烯或其混合物。

[0087] 保护层 (110) 被外部金属接触 (112) 围绕,该金属接触可进行操作以在纤维光电器件的长度和周长内获取电流。在一些实施方案中,外部金属接触 (112) 可以包括金属,包括金、银或铜。

[0088] 图 2 表示根据本发明的另一个实施方案包括纤维结构的光电器件的截面图。图 2 所述的光电器件 (200) 包括光学纤维芯 (202) 和围绕光学纤维芯 (202) 的可透辐射的第一电极 (204)。围绕可透辐射的第一电极 (204) 的激子阻挡层 (206),和围绕激子阻挡层 (206) 的光敏有机层 (208),其中光敏有机层 (208) 包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。第二电极 (210) 围绕光敏有机层 (208)。

[0089] 在图 2 所示的实施方案中,光学纤维芯 (202) 和可透辐射的第一电极 (204) 纵向延伸超过光电器件 (200) 的其余的各层。在一些实施方案中,光学纤维芯 (202) 和可透辐射的第一电极 (204) 的纵向延伸可帮助光电器件 (200) 与外部电路的接合。

[0090] 图 3 表示根据本发明的另一个实施方案的包括纤维结构的光电器件的截面图,其中光电器件包括多个光敏有机层,并且其中光敏有机层中的至少一层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。光电器件 (300) 包括光学纤维芯 (302)。纤维芯 (302) 可以包括玻璃光纤、石英光纤或塑料光纤。

[0091] 光学纤维芯 (302) 被可透辐射的第一电极 (304) 围绕。可透辐射的第一电极 (304) 可包括可透辐射的传导性氧化物,例如铟锡氧化物、镓铟锡氧化物、铋锡氧化物或铟锡氧化物。可透辐射的第一电极 (304) 被第一激子阻挡层 (306) 围绕。在一些实施方案中,第一 EBL(306) 可以包括分散在聚合物相例如 3,4- 聚亚乙二氧基噻吩 (PEDOT) 或聚偏二氯乙烯中的碳纳米粒子。

[0092] 第一 EBL (306) 被第一光敏有机层 (308) 围绕。在一些实施方案中,第一光敏有机层 (308) 可以包括 P3HT- 碳纳米粒子聚合物复合材料。第一光敏有机层 (308) 被第二激子阻挡层 (310) 围绕。在一些实施方案中,第二 EBL 也可包括分散在 3,4- 聚亚乙二氧基噻吩或聚偏二氯乙烯中的碳纳米粒子。

[0093] 第二 EBL 被第二光敏有机层 (312) 围绕。在一些实施方案中,第二光敏有机层 (312) 包括聚合物材料,包括聚合物复合材料,其具有的电磁辐射吸收轮廓与第一有机层 (308) 的电磁辐射吸收轮廓大部分重叠。在其它实施方案中,第二光敏有机层 (312) 可以包括聚合物材料,包括聚合物复合材料,其具有的电磁辐射吸收轮廓与第一有机层 (308) 的电磁辐射吸收轮廓不重叠或最小限度地重叠。第二光敏有机层 (312) 还包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

[0094] 第二有机层 (312) 被第二电极 (314) 围绕,第二电极可以将未被光敏有机层 (308)、(312) 吸收的电磁辐射反射回到有机层中用于进一步吸收。在一些实施方案中,第二电极 (314) 包括金属,例如铝、金、银、镍或铜。

[0095] 在图 3 所示的实施方案中,光学纤维芯 (302)、可透辐射的第一电极 (304) 和第二激子阻挡层 (310) 纵向延伸超过光电器件的其余的各层。光学纤维芯 (302)、可透辐射的第一电极 (304) 和第二激子阻挡层 (310) 的纵向延伸可帮助光电器件 (300) 与外部电路的接合。

[0096] 尽管图 3 表示的光电器件具有两个光敏有机层,但是本发明的实施方案涵盖了包括多于两个光敏有机层的光电器件,具有三个、四个、五个和多于五个光敏有机层的光电器件。在一些实施方案中,光电器件可以包括至少 10 个光敏有机层。

[0097] 在一些实施方案中,多个光敏有机层可以彼此缓冲,通过在光敏有机层之间布置激子阻挡层实现。通过提供多个光敏有机层,其中每层具有不同的吸收轮廓,本发明的光电器件可以增加或优化在电磁谱范围内的激子产生。

[0098] 在一些实施方案中,光电器件可以包括纤维芯,该纤维芯具有沿着其纵轴设置的多个光敏区,多个光敏区中的每个包括:围绕纤维芯的可透辐射的第一电极,至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层,和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极。多个光敏区中的每个可另外包括如本文上面所述的附加层,包括另外的光敏有机层和激子阻挡层(如图 3 所示)。另外,光敏有机层中的至少一层还包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

[0099] 在一些实施方案中,本文所述的有机光电器件可包括可用在许多光电器件中的光电单元。在一个实施方案中,本发明提供了光电器件,该光电器件包括至少一个像素,该像素包括至少一个光电单元,该光电单元包括:包括镉锡氧化物纤维的第一电极,至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层,和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极。

[0100] 在另一个实施方案中,光电器件包括至少一个像素,该像素包括至少一个光电单元,该光电单元包括:光学纤维芯,围绕纤维芯的可透辐射的第一电极,至少一个围绕第一电极并电连接到第一电极的光敏有机层,和围绕有机层并电连接到有机层的第二电极,其中光敏有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

[0101] 在一些实施方案中,包括至少一个像素(该像素包括至少一个光电单元)的光电器件可以与在2006年5月1日提交的PCT申请“OrganicOptoelectronic Devices and Application Thereof”中提供的构建方式一致的方法被构建。

[0102] 在本发明的一些实施方案中,用在像素应用中的纤维光电单元彼此独立地被构建。在该实施方案中,用于一个纤维光电单元的组件材料与用于另一个纤维光电单元而被选择的组件材料是独立的。例如,在一个实施方案中,一个纤维光电单元可以包括玻璃光学纤维芯,而另一个光电单元可以包括铟锡氧化物光学纤维芯。因此,在一些实施方案中,不要求像素和像素阵列包括具有相同构造的纤维光电单元。纤维光电单元构造可以任何的与本文所述的用于制造适于各种应用的像素和像素阵列的材料和方法一致的方式被改变。

[0103] 在一些实施方案中,包括至少一个像素(该像素包括至少一个纤维光电单元)的光电器件包括太阳能电池。在一些实施方案中,像素和像素阵列可以位于任何适当的衬底上以制造太阳能电池板。包括本发明的纤维光电单元的太阳能电池和太阳能电池板具有大于6%的转换效率。

[0104] 本发明还提供了制造纤维光电器件的方法,该方法包括:提供光学纤维芯,在光学纤维芯的表面上布置可透辐射的第一电极,布置至少一个与第一电极电相通的光敏有机层,和布置与有机层电相通的第二电极,其中有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或其组合。

[0105] 在一些实施方案中,在光学纤维芯上布置可透辐射的第一电极包括在光学纤维芯的表面上溅射或浸涂可透辐射的传导性氧化物。在一些实施方案中,布置与第一电极电相通的光敏有机层包括在第一电极上通过浸涂、旋涂、蒸气相淀积或真空热退火而淀积有机层。根据一些实施方案,布置与光敏有机层电相通的第二电极包括在有机层上通过蒸气相淀积、旋涂或浸涂而淀积第二电极。

[0106] 在另一个实施方案中,制造纤维光电器件的方法包括:提供铟锡氧化物纤维芯,布置至少一个与铟锡氧化物纤维芯电相通的光敏有机层,和布置与光敏有机层电相通的第二电极。在一些实施方案中,布置与铟锡氧化物纤维电相通的光敏有机层包括在铟锡氧化物纤维上通过浸涂、旋涂、蒸气相淀积或真空热退火而淀积有机层。根据一些实施方案,布置与光敏有机层电相通的第二电极包括在有机层上通过蒸气相淀积、旋涂或浸涂而淀积第二电极。

[0107] 在一些实施方案中,制造纤维光电器件的方法还包括将一个或多个光敏有机层退火。在一些实施方案中,其中光敏有机层包括包含聚合物相和纳米粒子相的复合材料,则有有机层的退火可以在聚合物相和纳米粒子相二者中都产生高结晶度,并且导致纳米粒子相在聚合物相中具有更大程度的分散。由于退火,包括富勒烯、单壁碳纳米管、多壁碳纳米管或其混合物的纳米粒子相可以在聚合物相中形成纳米晶须。根据一些实施方案,光敏有机层的退火可以包括在约80°C到约150°C的温度下将有机层加热达约1分钟到约30分钟的时段。在一些实施方案中,光敏有机层可以加热约5分钟。

[0108] 除了提供具有纤维结构的有机光电器件之外,本发明提供了将电磁能转换成电能的方法。在一个实施方案中,将电磁能转换成电能的方法包括:沿着光学纤维的纵轴接收辐射,将辐射透射进入至少一个光敏有机层,在有机层内产生激子,和将激子分离成电子和孔穴,其中有机层包括至少一种上转换材料、反斯托克斯材料、激光染料、防伪染料、量子点或

其组合。

[0109] 在另一个实施方案中,将电磁能转换成电能的方法包括:沿着光学纤维的纵轴在一定的入射角下接收辐射,该入射角足够在布置在光学纤维表面上的光敏有机层和相邻层的界面处产生全内反射。在一些实施方案中,接收辐射可以包括确定光学纤维的位置,以在足够在光敏有机层和相邻层的界面处产生全内反射的入射角下接收辐射。光敏有机层可与上面实施方案中的那些一致。在一些实施方案中,相邻层可以包括电荷转移层如激子阻挡层。例如,在一个实施方案中,相邻层可以包括 PEDOT。

[0110] 在一些实施方案中,在足够产生全内反射的入射角下接收的电磁能在到达光敏有机层和相邻层的界面之前被至少一个附加层折射。在一些实施方案中,附加层可以包括与本文所提供相一致的那些传导性金属氧化物或另外的与本文所提供相一致的那些电荷转移层。

[0111] 在光敏有机层和相邻层的界面处产生全内反射可以在光敏有机层内产生消逝场或消逝波,其可导致有机层对电磁辐射的吸收增加。在光敏有机层中电磁辐射的吸收增加可以产生更大数目的激子,从而增加本发明的有机光电器件的转换效率。

[0112] 图 4 表示根据本发明实施方案的有机光电器件在纤维端面处作为入射角的函数的吸收强度谱图。在纤维面处的入射角以 2° 的增量在 2° 到 20° 范围之间变化。如图 4 所示,在 16° 的入射角下吸收强度达峰值。用于生成图 4 所示谱图的有机光电器件包括的光敏有机层包括聚(3-己基噻吩)和 1-(3-甲氧基羰基)丙基-1-苯基(6,6) C_{61} (P3HT/PCBM)的聚合物复合材料。围绕相邻的包括 PEDOT 的激子阻挡层的 P3HT/PCBM 光敏有机层如图 1 所示。

[0113] 尽管不希望束缚于任何理论,但是据信辐射被光敏有机层吸收和约 16° 的入射角在 PEDOT/P3HT:PCBM 界面处制造了全内反射所需的条件。通过在 PEDOT/P3HT:PCBM 界面处产生全内反射,在 P3HT:PCBM 有机层内存在消逝波或消逝场,导致吸收强度增加。

[0114] 在本发明的实施方案中,在光敏有机层和相邻层的界面处产生全内反射所需的临界角可以根据光敏有机层的折射率的不同而异。通常假定获得了在光敏有机层和相邻层的界面处的临界角,则可以计算在界面处的所需入射角。由此,在由于布置在光学纤维芯上的附加层的存在而产生的每个附加界面处可使用斯涅尔定律(Snell's law),并可计算在光学纤维面处的入射角。

[0115] 例如,图 5 表示了根据本发明的实施方案,在纤维光电器件中行进电磁辐射的折射,其在光敏有机层和相邻层的界面处产生全内反射。在图 5 中,光敏有机层包括聚(3-己基噻吩)/1-(3-甲氧基羰基)丙基-1-苯基(6,6) C_{61} (P3HT/PCBM)复合材料,和相邻层包括 PEDOT。附加的铟锡氧化物层被布置在 PEDOT 层和二氧化硅光纤芯的表面之间。铟锡氧化物层如本文所述充当可透辐射的第一电极。

[0116] 如图 6 所示的在各层界面处采用斯涅尔定律获得:

$$[0117] \quad \eta_3 \sin \theta_c = \eta_c \quad (3)$$

$$[0118] \quad \eta_2 \sin \theta_5 = \eta_3 \sin \theta_6 \quad (4)$$

$$[0119] \quad \eta_1 \sin \theta_3 = \eta_2 \sin \theta_4 \quad (5)$$

[0120] 其中 η_1 是二氧化硅光纤芯的折射率, η_2 是铟锡氧化物层的折射率, η_3 是 PEDOT 层的折射率,且 η_c 是光敏有机层的折射率。

[0121] 注意到, $\theta_c = \theta_6$ 和 $\theta_5 = \theta_4$, 可以将 (3) 代入 (4), 则可得到 (5), 并移项得到:

$$[0122] \quad \theta_3 = \sin^{-1} \left(\frac{\eta_c}{\eta_1} \right) \quad (6)$$

[0123] 因为在空气 / 纤维界面处 $n_0 = 1$ 且 $\theta_2 = 90^\circ - \theta_3$, 则:

$$[0124] \quad \sin \theta_1 = n_1 \sin \theta_2 = n_1 \cos \theta_3 \quad (7)$$

[0125] 最后, 当将 (6) 代入 (7) 时, 理论公式变为:

$$[0126] \quad \sin \theta_1 = n_1 \cos \left[\sin^{-1} \left(\frac{\eta_c}{\eta_1} \right) \right]$$

[0127] 其中 θ_1 是从法线起测量的在纤维界面处的入射角。

[0128] 图 6 表示作为 P3HT:PCBM 光敏有机层的折射率的函数的在光学纤维芯的面处的入射角的理论曲线, 其足够获得在 PEDOT/P3HT:PCBM 界面处产生全内反射的临界角。每条理论曲线代表不同的入射波长, 其又对应于不同的二氧化硅光纤芯的折射率。

[0129] 如 2006 年 5 月 1 日提交的 PCT 申请“Optoelectronic Devices and Applications Thereof”所公开和教导的, 在确定足够在光敏有机层和相邻层的界面处产生全内反射的入射角之后, 可以根据入射角确定光学纤维芯的位置以接收辐射。例如, 将由包括有机光电单元 (其具有纤维结构) 的像素构成的板布置为使得撞击该板的辐射可以被光电单元的光学纤维芯在足够在光敏有机层和相邻层的界面处产生全内反射的角度下接收。

[0130] 在一些实施方案中, 有机光电器件的层可以被蚀刻以防止或减少受抑全内反射。在一个实施方案中, 与光敏有机层邻接的激子阻挡层可以在其与有机层形成界面的一侧上被蚀刻。例如包括 PEDOT 的激子阻挡层可以在与 P3HT/PCBM 光敏有机层形成界面的一侧上被蚀刻。

[0131] 在一些实施方案中, 有机光电器件的层可以通过平版印刷法 (包括照相平版印刷法) 被蚀刻。在一个实施方案中, 将照相平版印刷抗蚀剂淀积到待蚀刻层的表面上。根据本发明的实施方案, 照相平版印刷抗蚀剂包括正抗蚀剂 (positive resists) 或负抗蚀剂 (negative resists)。当照相平版印刷抗蚀剂被淀积时, 将抗蚀剂暴露在辐射下并用适当的溶剂显影。图形保留到光电器件的层上。照相平版印刷抗蚀剂可被布置成任何所需的图形。例如, 一种图形包括一系列以恒定距离间隔的平行线。在将抗蚀剂显影后, 然后通过任何适当的极性有机溶剂例如丙酮对有机光电器件的层进行蚀刻。然后从有机光电器件的层剥离下照相平版印刷抗蚀剂, 留下经过蚀刻的层。

[0132] 在一些实施方案中, 铟锡氧化物纤维被蚀刻。在一些实施方案中, 铟锡氧化物纤维的蚀刻可以通过平版印刷法 (包括照相平版印刷法) 实现。例如, 在一个实施方案中, 将照相平版印刷抗蚀剂淀积到铟锡氧化物纤维的表面上。当照相平版印刷抗蚀剂被淀积时, 将抗蚀剂暴露在辐射下并用适当的溶剂显影, 从而在铟锡氧化物纤维上产生图形。铟锡氧化物纤维的表面然后在适当的酸如铬酸、硫酸或硝酸中进行蚀刻。然后从铟锡氧化物纤维的表面除去或剥离照相平版印刷抗蚀剂, 留下经过蚀刻的表面。在一些实施方案中, 包括可透辐射的传导性氧化物 (包括铟锡氧化物) 的第一电极以这种方式进行蚀刻。

[0133] 虽然已经描述了本发明的多种实施方案以满足本发明的多种目的。但是应当认识到这些实施方案仅仅用于说明本发明的原则。本领域技术人员可对其进行各种改变和修改

而不脱离本发明的精神和范围。

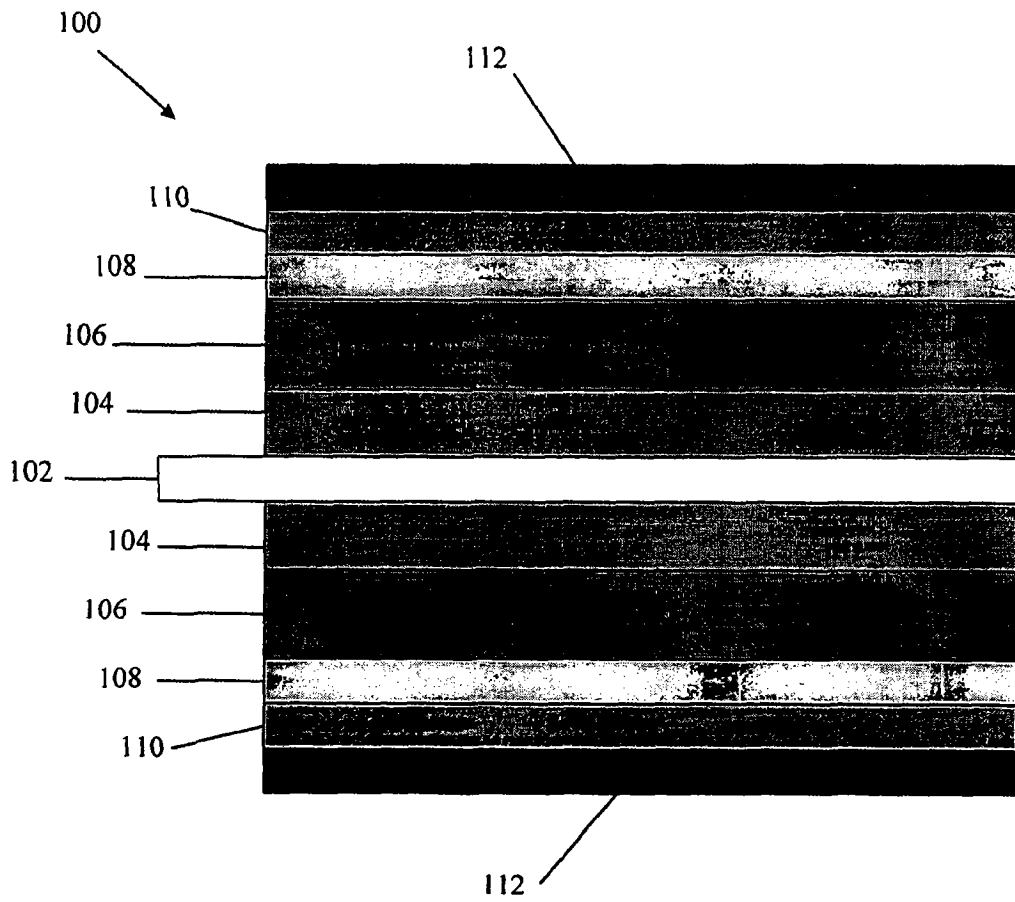


图 1

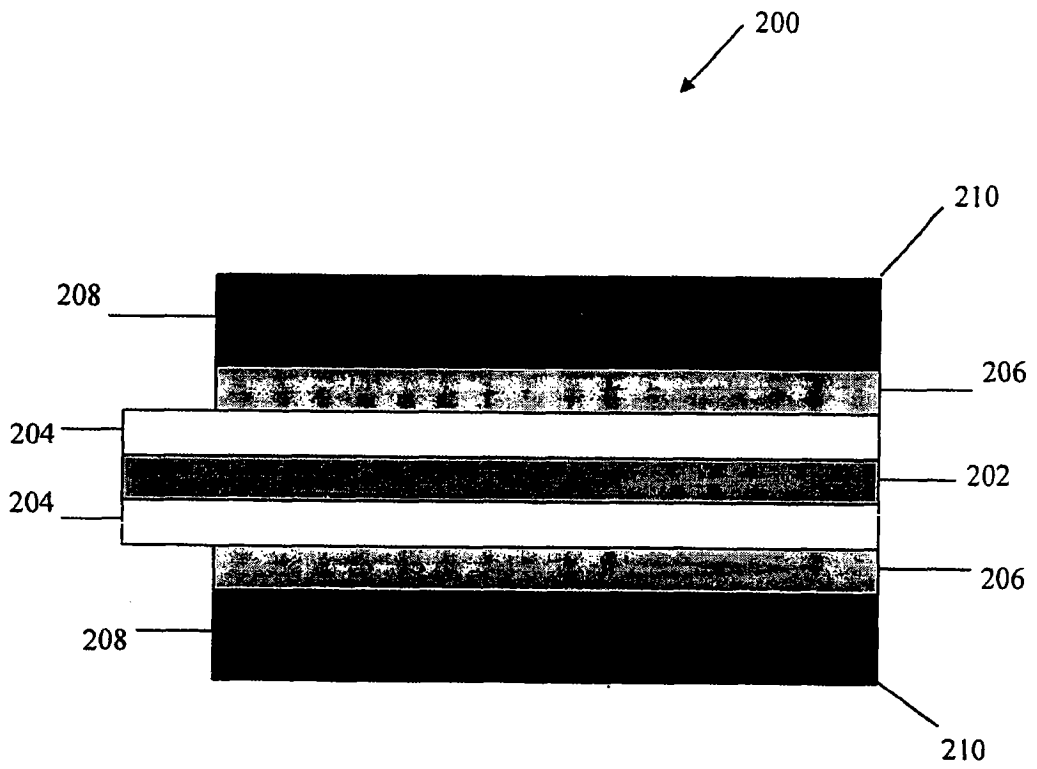


图 2

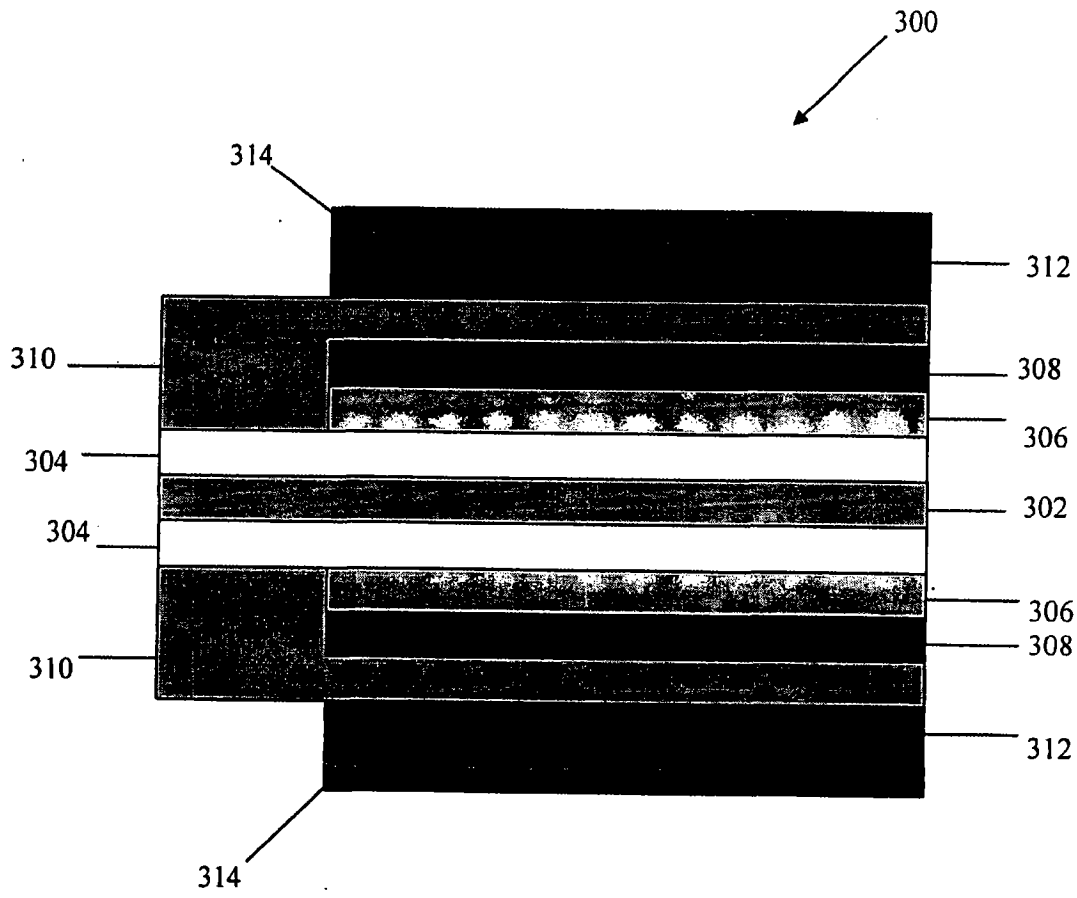


图 3

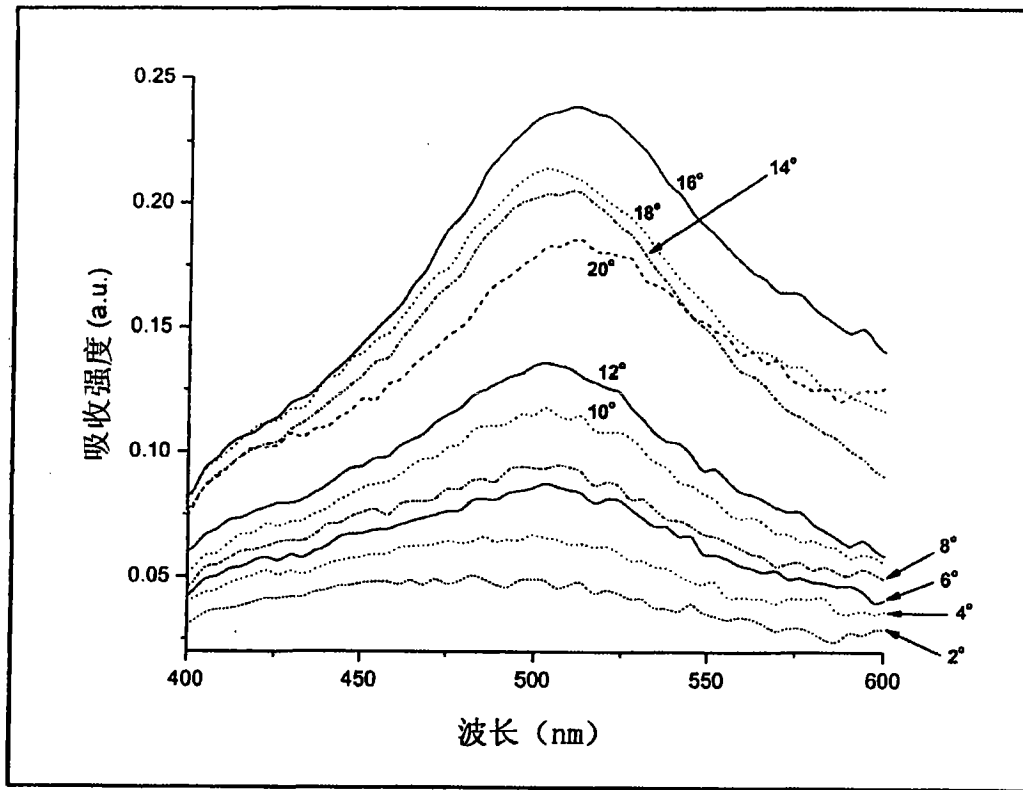


图 4

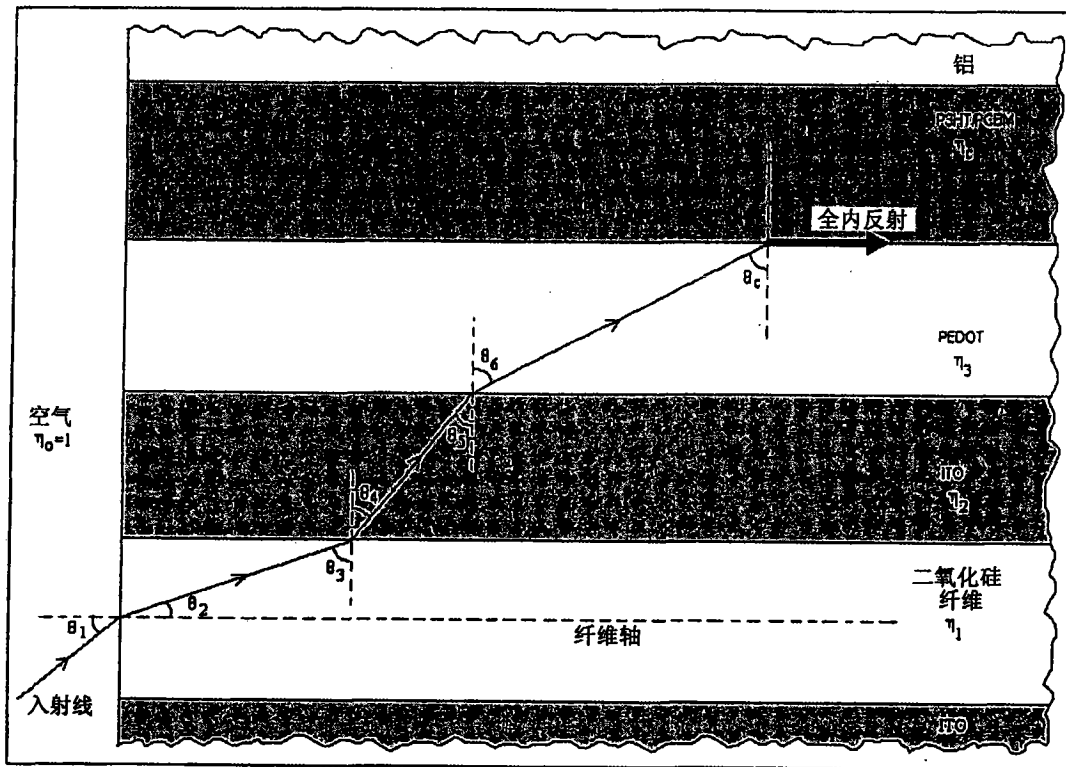


图 5

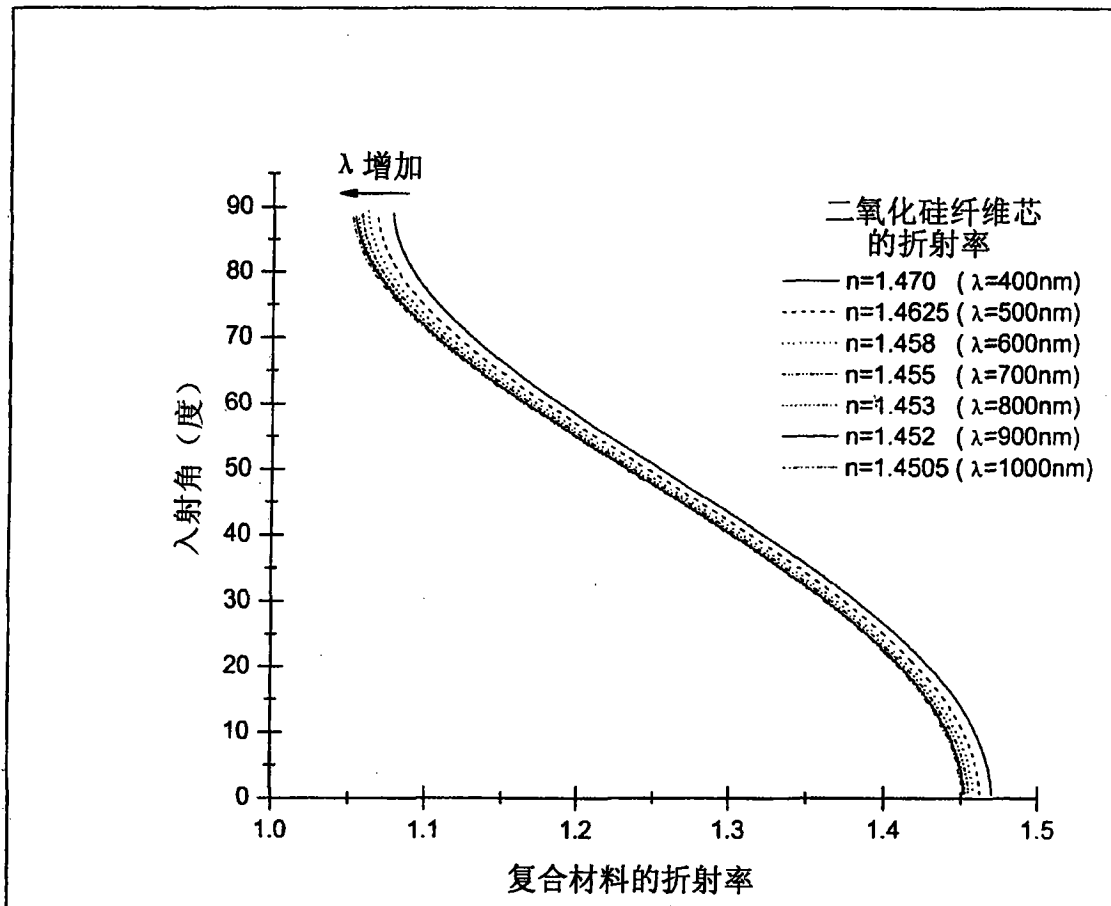


图 6