



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102598313 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201080046736. 2

代理人 李丙林 张英

(22) 申请日 2010. 08. 16

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 33/00(2006. 01)

61/234, 179 2009. 08. 14 US

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

US 2007/0004065 A1, 2007. 01. 04,

2012. 04. 16

WO 2009/031084 A1, 2009. 03. 12,

(86) PCT国际申请的申请数据

US 2007/0012928 A1, 2007. 01. 18,

PCT/US2010/045624 2010. 08. 16

US 2007/0012928 A1, 2007. 01. 18,

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 101228640 A, 2008. 07. 23,

W02011/020098 EN 2011. 02. 17

CN 101487581 A, 2009. 07. 22,

审查员 龚雪薇

(73) 专利权人 QD 视光有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 约翰·R·林顿

艾米丽·M·斯奎尔斯

罗希特·莫迪

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

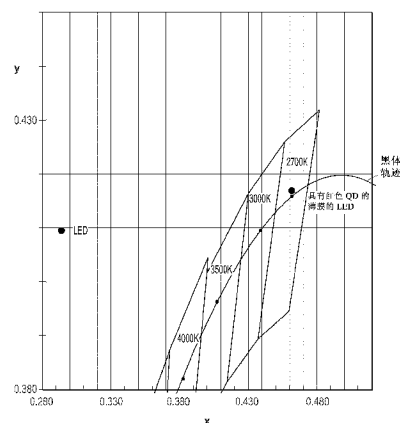
权利要求书6页 说明书39页 附图4页

(54) 发明名称

发光器件、用于发光器件的光学元件、以及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种发白光发光器件,该发白光发光器件包括:一个或多个发光光源(优选固态半导体发光二极管),其在操作过程中发射灰白色光,其中灰白色光包括光谱输出,该光谱输出包括在从约360nm至约475nm的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约475nm至约575nm的第二光谱区中的至少一个谱分量、以及在至少一个其他光谱区中的至少一个谱分量;以及光学元件,该光学元件被定位以接收由一个或多个光源产生的灰白色光的至少一部分,该光学元件包含用于将至少一部分的灰白色光转换成一个或多个预定波长的光学材料,至少该一个或多个预定波长中的其中之一具有在至少一个谱分量光谱区中的波长。



1. 一种发白光的发光器件,包括:发灰白色光的光源,其中所述灰白色光包括光谱输出,所述光谱输出包括在从 400nm 至 475nm 的蓝色光谱区中的第一谱分量、在从 500nm 至 550nm 的绿色光谱区中的第二谱分量、在从 550nm 至 575nm 的黄色光谱区中的第三谱分量和在至少红色光谱区中的第一亏量;以及光学部件,所述光学部件被定位以接收由光源产生的所述灰白色光的至少一部分,所述光学元件包含用于将所述灰白色光的至少一部分转换成一个或多个预定波长的光学材料,所述一个或多个预定波长中的至少之一具有在红色光谱区中的波长,以使得所述发光器件发射白光,其中所述光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

2. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,至少一个预定波长是在从 595nm 至 650nm 的范围内。

3. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述灰白色光包括在青色光谱区中的另外的亏量,并且所述一个或多个预定波长进一步包括在从 450nm 至 500nm 的青色光谱区中的另一个预定波长。

4. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发光器件发射的所述白光具有至少为 75 的一般显色指数 (R_a)。

5. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发白光的发光器件发射的所述白光具有至少为 80 的一般显色指数 (R_a)。

6. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发白光的发光器件发射的所述白光具有至少为 85 的一般显色指数 (R_a)。

7. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发白光的发光器件发射的所述白光具有至少为 90 的一般显色指数 (R_a)。

8. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发白光的发光器件发射的所述白光具有至少为 95 的一般显色指数 (R_a)。

9. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述灰白色光包括具有在 470nm 处的中心波长的蓝色光谱分量。

10. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述发白光的发光器件维持大于 60% 的光源流明 / 瓦效率。

11. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述发白光的发光器件维持大于 70% 的光源流明 / 瓦效率。

12. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述发白光的发光器件维持大于 100% 的光源流明 / 瓦效率。

13. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述灰白色光源器件产生的白光的流明 / 瓦效率,作为所述白光的色温的函数,并不显著变化。

14. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料进一步包含其中分布有所述量子约束半导体纳米颗粒的基质材料。

15. 根据权利要求 14 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括量子约束半导体纳米颗粒,所述量子约束半导体纳米颗粒的量的范围为所述基质材料重量的 0.001 至 5 重量百分比。

16. 根据权利要求 14 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括量子约束

半导体纳米颗粒,所述量子约束半导体纳米颗粒的量的范围为所述基质材料重量的 0.5 至 3 重量百分比。

17. 根据权利要求 14 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括量子约束半导体纳米颗粒,所述量子约束半导体纳米颗粒的量的范围为所述基质材料重量的 1 至 3 重量百分比。

18. 根据权利要求 14 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括量子约束半导体纳米颗粒,所述量子约束半导体纳米颗粒的量的范围为所述基质材料重量的 1 至 2 重量百分比。

19. 根据权利要求 14 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料进一步包含光散射体。

20. 根据权利要求 19 所述的发白光的发光器件,其中,所述光散射体包含光散射颗粒。

21. 根据权利要求 19 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括光散射颗粒,所述光散射颗粒的量的范围为所述基质材料重量的 0.001 至 5 重量百分比。

22. 根据权利要求 19 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括光散射颗粒,所述光散射颗粒的量的范围为所述基质材料重量的 0.25 至 3 重量百分比。

23. 根据权利要求 19 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括光散射颗粒,所述光散射颗粒的量的范围为所述基质材料的重量 0.5 至 3 重量百分比。

24. 根据权利要求 14 所述的发白光的发光器件,其中,光散射颗粒被进一步包括所述光学材料中,所述光散射颗粒的量的范围为所述基质材料重量的 0.5 至 2 重量百分比。

25. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,将包含量子约束半导体纳米颗粒的所述光学材料设置在支撑元件的至少一部分表面上。

26. 根据权利要求 25 所述的发白光的发光器件,其中,光学材料被包括在层中,所述层设置在所述支撑元件的表面的预定面积上。

27. 根据权利要求 26 所述的发白光的发光器件,其中,所述层具有 0.1 微米至 1cm 的厚度。

28. 根据权利要求 25 或 26 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料进一步包含其中分布有所述量子约束半导体纳米颗粒的基质材料。

29. 根据权利要求 26 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料进一步包含其中分布有量子约束半导体纳米晶体的基质材料,并且基于所述基质材料的重量,所述光学材料包括 0.001 至 5 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒。

30. 根据权利要求 26 所述的发白光的发光器件,其中,所述层进一步包含光散射体。

31. 根据权利要求 26 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料进一步包含其中分布有量子约束半导体纳米晶体的基质材料和为所述基质材料重量的 0.001 至 5 重量百分比的光散射体。

32. 根据权利要求 25 所述的发白光的发光器件,其中,所述支撑元件对于来自所述发白光的发光器件的光输出是光学透明的。

33. 根据权利要求 25 所述的发白光的发光器件,其中,所述支撑元件包括用于所述发白光的发光器件的盖板。

34. 根据权利要求 25 所述的发白光的发光器件,其中,所述支撑元件包括所述发白光

的发光器件的光扩散组件。

35. 根据权利要求 25 所述的发白光的发光器件,其中,所述支撑元件是刚性的。

36. 根据权利要求 25 所述的发白光的发光器件,其中,所述支撑元件是柔性的。

37. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料并不与所述光源直接接触。

38. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,在所述发白光的发光器件的操作过程中,所述纳米颗粒的位置处的温度低于 100℃。

39. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,在所述发白光的发光器件的操作过程中,所述纳米颗粒的位置处的温度低于 75℃。

40. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,在所述发白光的发光器件的操作过程中,所述纳米颗粒的位置处的温度为 60℃或更低。

41. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,在所述发白光的发光器件的操作过程中,所述纳米颗粒的位置处的温度为 50℃或更低。

42. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,在所述发白光的发光器件的操作过程中,所述纳米颗粒的位置处的温度为 40℃或更低。

43. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述光源包括发灰白色光的固态半导体发光二极管。

44. 根据权利要求 43 所述的发白光的发光器件,其中,所述发灰白色光的固态半导体发光二极管包括发蓝光的半导体 LED,所述发蓝光的半导体 LED 包括用于将所述蓝色 LED 光输出转换成灰白色光的磷光体材料。

45. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,光学材料包含能够发射红光的量子约束半导体纳米颗粒。

46. 根据权利要求 44 所述的发白光的发光器件,其中,光学材料包含能够发射红光的量子约束半导体纳米颗粒。

47. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述量子约束半导体纳米颗粒是无镉的。

48. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述量子约束半导体纳米颗粒包含 III-V 半导体材料。

49. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述量子约束半导体纳米颗粒包含半导体纳米晶体,所述半导体纳米晶体包括包含半导体材料的核和设置在所述核表面的至少一部分上的无机壳。

50. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发白光的发光器件发射的光具有至少 2000K 的相关色温。

51. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发白光的发光器件发射的光具有至少 2500K 的相关色温。

52. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发白光的发光器件发射的光具有至少 3000K 的相关色温。

53. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发白光的发光器件发射的光具有至少 4000K 的相关色温。

54. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学部件包含一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒,其中每种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒在预定波长发射光,所述预定波长不同于由包括在所述光学材料中的其他类型的量子约束半导体纳米颗粒中的至少一种发射的预定波长,并且其中选择一个或多个不同的预定波长,以使得所述光学材料将补偿所述光源的一个或多个光谱亏量。

55. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学部件包括两种或更多种不同类型的在不同预定波长下发射的量子约束半导体纳米颗粒,其中所述不同类型的量子约束半导体纳米颗粒被包括在两种或两种以上不同的光学材料中。

56. 根据权利要求 55 所述的发白光的发光器件,其中,所述不同的光学材料作为分层布置的单独层被包括在所述光学部件中。

57. 根据权利要求 55 所述的发白光的发光器件,其中,所述不同的光学材料作为图案化层的单独部分被包括在所述光学元件中。

58. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述量子约束半导体纳米颗粒具有至少 40% 的固态量子效率。

59. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学元件被至少部分地封装。

60. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学元件被完全封装。

61. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学元件包含一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒,其中每种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒在预定波长下发射光,所述预定波长不同于由包括在所述光学材料中的其他类型的量子约束半导体纳米颗粒的至少一种发射的预定波长,并且其中选择一个或多个不同的预定波长,以使得所述光学材料将补偿所述光源的一个或多个光谱亏量。

62. 根据权利要求 14 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括量子约束半导体纳米颗粒,所述量子约束半导体纳米颗粒的量大于所述基质材料的重量的 5 重量百分比。

63. 根据权利要求 19 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料中包括光散射颗粒,所述光散射颗粒的量大于所述基质材料的重量的 5 重量百分比。

64. 根据权利要求 26 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料进一步包含其中分布有量子约束半导体纳米晶体的基质材料,并且基于所述基质材料的重量,所述光学材料包括大于 5 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒。

65. 根据权利要求 26 所述的发白光的发光器件,其中,所述光学材料进一步包含其中分布有量子约束半导体纳米晶体的基质材料和为大于所述基质材料的重量的 5 重量百分比的量的光散射体。

66. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发光器件发射的白光具有至少 50 的 R9 值。

67. 根据权利要求 1 所述的发白光的发光器件,其中,由所述发光器件发射的白光具有大于 80 的 R9 值。

68. 一种发白光的发光器件,包括:一个或多个光源,所述光源包括能够发射灰白色光的固态半导体发光二极管(LED),包括在蓝色光谱区中、在绿色光谱区中和黄色光谱区中的

发射以及具有在至少红色光谱区中的第一亏量；以及光学元件，所述光学部件被定位以接收由所述 LED 发射的光，所述光学元件包括光学材料，用于将所述灰白色光的至少一部分转换成在波长范围为 595nm 至 650nm 的光谱区中的光，以使得所述发光器件发射白光，其中所述光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

69. 根据权利要求 68 所述的发白光的发光器件，其中，所述蓝色光谱区中的至少 10% 的发射通过所述量子约束半导体纳米颗粒被转换。

70. 根据权利要求 68 所述的发白光的发光器件，其中，所述蓝色光谱区中的至少 30% 的发射通过所述量子约束半导体纳米颗粒被转换。

71. 根据权利要求 68 所述的发白光的发光器件，其中，所述蓝色光谱区中的至少 60% 的发射通过所述量子约束半导体纳米颗粒被转换。

72. 根据权利要求 68 所述的发白光的发光器件，其中，所述蓝色光谱区中的不大于 95% 的发射通过所述量子约束半导体纳米颗粒被转换。

73. 根据权利要求 68 所述的发白光的发光器件，其中，所述量子约束半导体纳米颗粒是无镉的。

74. 根据权利要求 68 所述的发白光的发光器件，其中，所述量子约束半导体纳米颗粒包含 III-V 半导体材料。

75. 根据权利要求 68 所述的发白光的发光器件，其中，所述量子约束半导体纳米颗粒包含半导体纳米晶体，所述半导体纳米晶体包括包含半导体材料的核和设置在所述核表面的至少一部分上的无机壳。

76. 一种用于改善由发灰白色光的固态半导体发光器件产生的白光的流明 / 瓦效率的方法，其中，灰白色光包括光谱输出，所述光谱输出包括在从 400nm 至 475nm 的蓝色光谱区中的第一谱分量、在从 500nm 至 550nm 的绿色光谱区中的第二谱分量、在从 550nm 至 575nm 的黄色光谱区中的第三谱分量、和在至少红色光谱区中的第一亏量，所述方法包括将所述灰白色光的至少一部分传入光学材料以将灰白色光转换成白光，所述光学材料包含发红光的量子约束半导体纳米颗粒。

77. 一种用于改善发灰白色光的半导体发光器件的至少一种颜色特性的方法，其中，所述发灰白色光包括光谱输出，所述光谱输出包括在从 400nm 至 475 的蓝色光谱区中的第一谱分量、在从 500nm 至 550nm 的绿色光谱区中的第二谱分量、在从 550nm 至 575nm 的黄色光谱区中的第三谱分量、和在至少红色光谱区中的第一亏量，所述方法包括将所述灰白色光的至少一部分传入光学材料以提供白光，所述光学材料包含发红光的量子约束半导体纳米颗粒。

78. 根据权利要求 77 所述的方法，其中，所述光学材料包含两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒，其中每种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒在预定波长发射光，所述预定波长不同于由包括在所述光学材料中的其他类型的量子约束半导体纳米颗粒中的至少一种发射的预定波长，并且其中选择一个或多个不同的预定波长，以使所述光学材料将补偿所述发灰白色光的半导体发光器件的一个或多个光谱亏量。

79. 一种用于改善发灰白色光的半导体发光器件的至少一种颜色特性的方法，其中，所述灰白色光具有光谱输出，所述光谱输出包括在从 400nm 至 475nm 的蓝色光谱区中的第一谱分量、在从 500nm 至 550nm 的绿色光谱区中的第二谱分量、在从 550nm 至 575nm 的黄色光

谱区中的第三谱分量、和在至少一个其他光谱区中的至少一个亏量,所述方法包括将所述灰白色光的至少一部分传入光学材料以将所述灰白色光的至少一部分转换成在至少一个所述亏量光谱区中的一个或多个发射,从而产生白光,所述光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

80. 一种用于改善由发灰白色光的固态半导体发光器件产生的白光的流明 / 瓦效率的方法,其中,所述灰白色光包括光谱输出,所述光谱输出包括在从 400nm 至 475nm 的蓝色光谱区中的第一谱分量、在从 500nm 至约 550nm 的绿色光谱区中的第二谱分量、在从 550nm 至约 575nm 的黄色光谱区中的第三谱分量、和在至少一个其他光谱区中的至少一个亏量,所述方法包括将所述灰白色光的至少一部分传入光学材料以产生白光,所述光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

81. 一种用于由灰白色光源产生具有预定 CRI 的白光的方法,所述方法包括将由所述光源发射的灰白色光的至少一部分传入光学材料以获得具有所述预定 CRI 的白光,其中所述灰白色光包括光谱输出,所述光谱输出包括在从 400nm 至 475nm 的蓝色光谱区中的第一谱分量、在从 500nm 至 550nm 的绿色光谱区中的第二谱分量、在从 550nm 至 575nm 的黄色光谱区中的第三谱分量、和在至少红色光谱区中的第一亏量,所述光学材料包含发红光的量子约束半导体纳米颗粒。

82. 根据权利要求 81 所述的方法,其中,所述灰白色光包括中心波长在 470nm 处的蓝色光谱分量。

83. 根据权利要求 81 所述的方法,其中,所述预定 CRI 为至少 75。

发光器件、用于发光器件的光学元件、以及方法

[0001] 优先权声明

[0002] 本申请要求 2009 年 8 月 14 日提交的美国申请第 61/234, 179 号的优先权, 其全部内容以引用方式结合于本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及发光器件的技术领域, 包括纳米颗粒、照明器材和包括纳米颗粒的元件、以及方法。

发明内容

[0004] 按照本发明的一个方面, 提供了一种发白光的发光器件, 该器件包括: 灰白色光源, 其中灰白色光包括光谱输出, 该光谱输出包括在从约 360nm 至约 475nm 的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约 475nm 至约 575nm 的第二光谱区中的至少一个谱分量、和在至少一个其他光谱区中的至少一个亏量 (deficiency); 以及光学元件, 该光学元件被定位以接收由光源产生的灰白色光的至少一部分, 上述光学元件包含用于将灰白色光的光谱输出的至少一部分转换成一个或多个预定波长的光学材料, 至少之一具有在至少一个亏量光谱区中的波长, 以致由发光器件发射的光包括白光, 其中光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

[0005] 在某些实施方式中, 光源包括一个或多个光源。

[0006] 在某些实施方式中, 光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0007] 在某些实施方式中, 灰白色光包括光谱输出, 该光谱输出包括在蓝色光谱区 (例如, 从约 400nm 至约 475nm) 中的至少一个谱分量。

[0008] 在某些实施方式中, 灰白色光包括光谱输出, 该光谱输出包括在绿色光谱区 (例如, 从约 500nm 至约 550nm) 中的至少一个谱分量。

[0009] 在某些实施方式中, 灰白色光包括光谱输出, 该光谱输出包括在黄色光谱区 (例如, 从约 550nm 至约 575nm) 中的至少一个谱分量。

[0010] 在某些实施方式中, 灰白色光包括光谱输出, 该光谱输出包括在蓝色光谱区中的至少一个谱分量和在绿色和 / 或黄色光谱区中的至少一个谱分量。

[0011] 在某些实施方式中, 灰白色光包括光谱输出, 该光谱输出包括在蓝色光谱区中的至少一个谱分量和在绿色光谱区中的至少一个谱分量。

[0012] 在某些实施方式中, 通过光学元件的光源的一个或多个光谱亏量的补偿可以改变来自光源的光输出以实现具有一般显色指数 (R_a) 的白光。(一般显色指数 (R_a) 在本文中还称作 CRI。) 在某些实施方式中, CRI 是至少 75。在某些实施方式中, CRI 是至少 80。在某些实施方式中, CRI 是至少 85。在某些实施方式中, CRI 是至少 90。在某些实施方式中, CRI 是至少 95。

[0013] 在某些优选实施方式中, 白光输出可以具有为正数的 R9 值。更优选地, R9 值是至少 50。最优选地, R9 值大于 80。

[0014] 在某些实施方式中,由发白光的器件发射的白光可以具有预定 CRI。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 95。

[0015] 在某些实施方式中,例如,在光源发射在红色光谱区中具有光谱亏量的灰白色光的情况下,预定波长的范围可以是约 575nm 至约 650nm、约 580nm 至约 630nm、约 590nm 至约 630nm、约 590nm 至约 630nm、或约 605nm 至约 620nm。

[0016] 在某些实施方式中,例如,在光源发射在青色光谱区中具有光谱亏量的灰白色光的情况下,预定波长可以是在从约 450nm 至约 500nm 的范围内。

[0017] 在某些实施方式中,例如,在光源发射具有一个或多个光谱亏量的灰白色光的情况下,光学元件可以包含光学材料,该光学材料包括一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(基于组成、结构和/或尺寸),其中每种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以将灰白色光的一部分转换成预定波长,该预定波长不同于由包括在光学材料中的任何其他类型的量子约束半导体纳米颗粒的至少一种发射的预定波长。

[0018] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在一种或多种不同光学材料中。在某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米晶体可以包括在分开的光学材料中。

[0019] 在包括两种或两种以上不同光学材料的某些实施方式中,上述不同光学材料可以,例如,包括为分层布置的单独层和/或包括为图案化层的单独部分。

[0020] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在叠放设置的两种或更多种不同光学元件中。在这样的实施方式中,每个光学元件可以包括一种或多种光学材料(如本文描述的)。

[0021] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的实施方式中,由发光器件发射的白光包括在上述两个或更多不同预定波长下的谱分量。在这种情况下,选择两个或更多不同预定波长以满足或补偿光源的一个或更多光谱亏量。

[0022] 在其中灰白色光源具有一个以上光谱亏量的某些实施方式中,可以通过寻址在至少红色光谱区中的光谱亏量来实现所期望的白光输出。

[0023] 在某些实施方式中,通过光学元件的光源的一个或多个光谱亏量的补偿可以改变来自光源的光输出以实现相关色温(CCT)的白光。在某些实施方式中,白光可以具有预定 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2500K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 3000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 4000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 5000K 的 CCT。

[0024] 在某些实施方式中,通过使用光学元件,在从约 2500K 至约 3500K 的范围内,CCT 的改变并不显著影响产生自灰白色光源的白光的流明/瓦效率(lumens per watt

efficiency)。例如,当 CCT 在从约 2500K 至约 3500K 的范围内改变时,流明 / 瓦效率并不相差大于 10 个百分点(相对于 10% 的初始流明 / 瓦效率值)。

[0025] 在某些优选实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包含半导体纳米晶体。

[0026] 在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 40% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 50% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 60% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 70% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 80% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 90% 的固态量子效率。

[0027] 在某些实施方式中,在固态发光器件的操作过程中,量子约束半导体纳米颗粒维持至少 40% 的效率。

[0028] 在某些优选实施方式中,光学材料包含能够发射红光的量子约束半导体纳米颗粒。

[0029] 在某些实施方式中,例如,由发白光发光器件发射的白光可以具有预定一般显色指数 (R_a)。在某些实施方式中,由发光器件发射的白光具有至少 75 的一般显色指数 (R_a)。在某些实施方式中,由发光器件发射的白光具有至少 80 的一般显色指数 (R_a)。在某些实施方式中,由发光器件发射的白光具有至少 85 的一般显色指数 (R_a)。在某些实施方式中,由发光器件发射的白光具有至少 90 的一般显色指数 (R_a)。在某些实施方式中,由发光器件发射的白光具有至少 95 的一般显色指数 (R_a)。

[0030] 在某些优选实施方式中,白光输出可以具有为正数的 R9 值。更优选地,R9 值是至少 50。最优选地,R9 值大于 80。

[0031] 在某些实施方式中,发光器件维持大于 60% 的光源流明 / 瓦效率。在某些实施方式中,发光器件维持大于 70% 的光源流明 / 瓦效率。在某些实施方式中,发光器件维持大于 80% 的光源流明 / 瓦效率。在某些实施方式中,发光器件维持大于 90% 的光源流明 / 瓦效率。在某些实施方式中,发光器件维持大于 100% 的光源流明 / 瓦效率。在某些实施方式中,发光器件维持大于 110% 的光源流明 / 瓦效率。

[0032] 在某些实施方式中,通过使用光学元件,在从约 2500K 至约 3500K 的范围内,CCT 的改变并不显著影响产生自灰白色光源的白光的流明 / 瓦效率。例如,当在从约 2500K 至约 3500K 的范围内改变 CCT 时,相比于初始值,流明 / 瓦效率并不相差大于 10 个百分点(相对于初始流明 / 瓦效率值的相差 10%)。

[0033] 在某些实施方式中,光学材料进一步包含其中分布有量子约束半导体纳米颗粒的基质材料。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 1 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 1 至约 2 重量百分比。

[0034] 在光学材料进一步包括基质材料的某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒可以包括在光学材料中,用量大于基质材料的约 5 重量百分比。例如,基于基质材料的重量,

光学材料可以包括约 5 至约 20 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒 ; 基于基质材料的重量, 光学材料可以包括约 5 至约 15 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒 ; 基于基质材料的重量, 光学材料可以包括约 5 至约 10 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒等。

[0035] 在光学材料中, 在上述范围以外的量子约束半导体纳米颗粒的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0036] 在某些实施方式中, 光学材料进一步包含光散射体。

[0037] 在某些实施方式中, 光散射体包括光散射颗粒。

[0038] 在某些实施方式中, 光散射颗粒包括在光学材料中, 用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。在某些实施方式中, 光散射颗粒包括在光学材料中, 用量为基质材料的重量的约 0.25 至约 4 重量百分比。在某些实施方式中, 光散射颗粒包括在光学材料中, 用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中, 光散射颗粒包括在光学材料中, 用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 2 重量百分比。在某些实施方式中, 光散射颗粒包括在光学材料中, 用量为基质材料的重量的约 1 至约 2 重量百分比。

[0039] 在某些实施方式中, 在光学材料中包括光散射颗粒, 用量大于基质材料的约 5 重量百分比。例如, 基于基质材料的重量, 光学材料可以包括约 5 至约 20 重量百分比的光散射颗粒 ; 基于基质材料的重量, 光学材料可以包括约 5 至约 15 重量百分比的光散射颗粒 ; 基于基质材料的重量, 光学材料可以包括约 5 至约 10 重量百分比的光散射颗粒等。

[0040] 在光学材料中, 在上述范围以外的光散射颗粒的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0041] 在某些实施方式中, 光学元件进一步包括支撑元件。优选地, 支撑元件对于发射自光源的光和对于发射自纳米颗粒的光是光学透明的。

[0042] 在某些实施方式中, 支撑元件可以包括其他可选层。

[0043] 在某些实施方式中, 支撑元件可以包括其他可选部件。

[0044] 在某些实施方式中, 至少部分地封装光学材料。

[0045] 在某些实施方式中, 完全封装光学材料。

[0046] 在某些实施方式中, 包括支撑元件的光学元件可以用作发光器件的盖板。

[0047] 在某些实施方式中, 支撑元件包括发光器件的光扩散组件。

[0048] 在某些实施方式中, 支撑元件是刚性的。

[0049] 在某些实施方式中, 支撑元件是柔性的。

[0050] 在某些实施方式中, 将包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料设置在支撑元件的至少一部分表面上。在某些实施方式中, 将光学材料设置在支撑元件的至少一部分主要表面上。在某些实施方式中, 将光学材料设置在支撑元件和保护涂层或覆盖层 (cover) 之间, 其中上述保护涂层或覆盖层对于由光源和光学材料发射的光是光学透明的。

[0051] 在某些实施方式中, 将光学材料设置为在支撑元件的表面的预定面积上的一层或多层。

[0052] 在某些实施方式中, 上述层包含光学材料, 其进一步包括其中分布有量子约束半导体纳米颗粒的基质材料。在某些实施方式中, 基于基质材料的重量, 上述层包括包含约 0.001 至约 5 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒。

[0053] 在某些实施方式中, 基于基质材料的重量, 上述层包括大于约 5 重量百分比的量

子约束半导体纳米颗粒。例如,基于基质材料的重量,上述层可以包括约 5 至约 20 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒等。

[0054] 在上述层中,在上述范围以外的量子约束半导体纳米颗粒的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0055] 在某些实施方式中,上述层进一步包含光散射体。

[0056] 在某些实施方式中,光散射体包括在层中,用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。

[0057] 在某些实施方式中,基于基质材料的重量,上述层包括大于约 5 重量百分比的光散射颗粒。例如,基于基质材料的重量,上述层可以包括约 5 至约 20 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的光散射颗粒等。

[0058] 在上述层中,在上述范围以外的光散射颗粒的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0059] 在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为,例如,约 0.1 微米至约 1cm。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 0.1 至约 200 微米。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 10 至约 200 微米。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 30 至约 80 微米。

[0060] 在某些优选实施方式中,光学材料并不直接接触光源。

[0061] 在某些优选实施方式中,光学元件并不直接接触光源。

[0062] 在某些实施方式中,在操作过程中,在固态发光器件中,在纳米颗粒的位置处的温度为 100℃或更低。

[0063] 在某些实施方式中,在操作过程中,在固态发光器件中,在纳米颗粒的位置处的温度为 90℃或更低。

[0064] 在某些实施方式中,在操作过程中,在固态发光器件中,在纳米颗粒的位置处的温度为 75℃或更低。

[0065] 在某些实施方式中,在操作过程中,在固态发光器件中,在纳米颗粒的位置处的温度为 60℃或更低。

[0066] 在某些实施方式中,在操作过程中,在固态发光器件中,在纳米颗粒的位置处的温度为 50℃或更低。

[0067] 在某些实施方式中,在操作过程中,在固态发光器件中,在纳米颗粒的位置处的温度为 40℃或更低。

[0068] 在某些实施方式中,在操作过程中,在固态发光器件中,在纳米颗粒的位置处的温度为约 30℃至约 60℃。

[0069] 在某些实施方式中,光源包括发灰白色光固态半导体发光二极管或器件(本文中也被称作“LED”)。

[0070] 在某些实施方式中,发灰白色光 LED 包括发蓝光半导体 LED,其包括发光物质,用于将蓝色 LED 光输出转换成灰白色光输出。

[0071] 在某些实施方式中,发光物质可以包含磷。在某些实施方式中,发光物质可以包含

颜色转换染料。在某些实施方式中,发光物质可以包含颜色转换颜料。在某些实施方式中,发光物质可以包含量子约束半导体纳米颗粒。在某些实施方式中,发光物质可以包含一种或多种不同类型的发光物质。在某些实施方式中,发光物质包含一种或多种不同发光物质。在包括两种或更多种不同发光物质的某些实施方式中,不同发光物质的至少两种能够将来自光源的光转换成具有彼此不同波长的光。在其中发光物质包括两种或更多种不同发光物质的某些实施方式中,两种或更多种不同发光物质可以包括在混合物中。在其中发光物质包括两种或更多种不同发光物质的某些实施方式中,每种发光物质可以包括在单独层中的 LED 中。在其中发光物质包括三种或更多种不同发光物质的某些实施方式中,三种或更多种发光物质可以包括在一层或多层中的 LED 中,每层可以包括一种或多种发光物质。

[0072] 在某些实施方式中,发光物质包括这样的发光物质,其将由 LED 发射的蓝光的一部分转换成绿光。在某些优选实施方式中,发光物质包括磷,其能够将蓝光转换成绿光。

[0073] 在某些实施方式中,发光物质包括这样的发光物质,其将由 LED 发射的蓝光的一部分转换成黄光。在某些优选实施方式中,发光物质包括磷,其能够将蓝光转换成黄光。

[0074] 在某些实施方式中,LED 包括第一发光物质,其将由 LED 发射的蓝光的一部分转换成黄光,以及第二发光物质,其将由 LED 发射的蓝光的一部分转换成绿光。在某些优选实施方式中,第一发光物质包括磷,其能够将蓝光转换成黄光,以及第二发光物质包括磷,其能够将蓝光转换成绿光。

[0075] 在某些实施方式中,可以采用一种或多种其他发光物质。在某些实施方式中,一种或多种其他发光物质包括磷。

[0076] 在某些实施方式中,发灰白色光 LED 包括发 UV 光半导体 LED,其包括发光物质,用于将 UV LED 光输出转换成灰白色光。

[0077] 在某些实施方式中,发光物质可以包含磷。在某些实施方式中,发光物质可以包含颜色转换染料。在某些实施方式中,发光物质可以包含颜色转换颜料。在某些实施方式中,发光物质可以包含量子约束半导体纳米颗粒。在某些实施方式中,发光物质可以包含一种或多种不同类型的发光物质。在某些实施方式中,发光物质包含一种或多种不同发光物质。在包括两种或更多种不同发光物质的某些实施方式中,不同发光物质的至少两种能够将来自光源的光转换成具有彼此不同波长的光。在其中发光物质包括两种或更多种不同发光物质的某些实施方式中,两种或更多种不同发光物质可以包括在混合物中。在其中发光物质包括两种或更多种不同发光物质的某些实施方式中,每种发光物质可以包括在在单独层中的 LED 中。在其中发光物质包括三种或更多种不同发光物质的某些实施方式中,三种或更多种发光物质可以包括在一层或多层的 LED 中,其中每层可以包括一种或多种发光物质。

[0078] 在某些实施方式中,发光物质包括这样的发光物质,其将由 LED 发射的 UV 光的一部分转换成绿光。在某些优选实施方式中,发光物质包括磷,其能够将 UV 光转换成绿光。

[0079] 在某些实施方式中,发光物质包括这样的发光物质,其将由 LED 发射的 UV 光的一部分转换成黄光。在某些优选实施方式中,发光物质包括磷,其能够将 UV 光转换成黄光。

[0080] 在某些实施方式中,LED 包括第一发光物质,其将由 LED 发射的 UV 光的一部分转换成黄光,以及第二发光物质,其将由 LED 发射的 UV 光的一部分转换成绿光。在某些优选实施方式中,第一发光物质包括磷,其能够将 UV 光转换成黄光,以及第二发光物质包括磷,其能够将 UV 光转换成绿光。

[0081] 在某些实施方式中,可以采用一种或多种其他发光物质。在某些实施方式中,一种或多种其他发光物质包括磷。

[0082] 在某些实施方式中,发光器件包括:光源,该光源包括能够发射灰白色光的 LED,其中灰白色光包括蓝色光谱分量和绿色和 / 或黄色光谱分量并且包括在红色光谱区中的亏量;以及光学元件,该光学元件被定位以接收由 LED 发射的光,光学元件包含光学材料,用于将灰白色光的至少一部分转换成在具有约 595nm 至约 650nm 的波长的红色光谱区中的光。以致由发光器件发射的光包括白光,其中光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

[0083] 在某些实施方式中,发光器件包括:发灰白色光光源,该发灰白色光光源包括发射灰白色光的 LED,其中灰白色光包括蓝色光谱分量和绿色和 / 或黄色光谱分量并且包括在橙色至红色光谱区中的亏量;以及光学元件,该光学元件被定位以接收由 LED 发射的光,光学元件包含光学材料,用于将灰白色光的至少一部分转换成在从约 575nm 至约 650nm 的光谱区中的光,以致由发光器件发射的光包括白光,其中光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。在某些实施方式中,例如,光学材料可以将灰白色光的至少一部分转换成在从约 575nm 至约 650nm、从约 580 至约 630nm、从约 590nm 至约 630nm、从约 600nm 至约 620nm、从约 605nm 至约 615nm 等的光谱区中的光。

[0084] 在包括灰白色光源(其发射灰白色光,该灰白色光包括在蓝色光谱区中的发射)的某些实施方式中,,量子约束半导体纳米颗粒转换至少 10% 的在蓝色光谱区中的发射。

[0085] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换至少 30% 的在蓝色光谱区中的发射。

[0086] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换至少 60% 的在蓝色光谱区中的发射。

[0087] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换不大于 95% 的在蓝色光谱区中的发射。

[0088] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换不大于 90% 的在蓝色光谱区中的发射。

[0089] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换约 50% 至约 80% 的在蓝色光谱区中的发射。

[0090] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒是无镉的。

[0091] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒包括 III-V 半导体材料。

[0092] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒包括半导体纳米晶体,该半导体纳米晶体包括包含半导体材料的核和设置在核表面的至少一部分上的无机壳。

[0093] 按照本发明的另一个方面,提供了光学元件,用于从发射灰白色光的光源产生具有预定 CRI 的白光,其中灰白色光包括光谱输出,该光谱输出包括在从约 360nm 至约 475nm 的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约 475nm 至约 575nm 的第二光谱区中的至少一个谱分量、和在至少一个其他光谱区中的亏量,光学元件包含光学材料,用于将来自光源的灰白色光输出的至少一部分转换成一个或多个不同的预定波长,以致产生自光学元件的光包括白光,其中光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

- [0094] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个光源。
- [0095] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。
- [0096] 在某些实施方式中,白光具有至少 75 的 CRI。在某些实施方式中,白光具有至少 80 的 CRI。在某些实施方式中,白光具有至少 85 的 CRI。在某些实施方式中,白光具有至少 90 的 CRI。在某些实施方式中,白光具有至少 95 的 CRI。
- [0097] 在某些实施方式中,白光输出可以具有为正数的 R9 值。优选地, R9 值是至少 50。更优选地, R9 值大于 80。
- [0098] 在某些实施方式中,白光具有预定 CRI。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 95。
- [0099] 在某些优选实施方式中,选择预定波长以满足或补偿光源的至少一个光谱亏量,例如,通过在至少一个光谱亏量区中补充光源的光输出。
- [0100] 在某些实施方式中,例如,其中光源发射在橙色至红色光谱区中具有光谱亏量的灰白色光,预定波长可以是在从约 575nm 至约 650nm、从约 580nm 至约 630nm、从约 590nm 至约 630nm、从约 600nm 至约 620nm、从约 605nm 至约 615nm 等的范围内。
- [0101] 在某些更优选的实施方式中,光学材料包括一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒,其中不同类型可以在一个或多个不同的预定波长下发射以补偿来自光源的光输出的一个或多个光谱亏量。
- [0102] 在某些实施方式中,例如,其中光源发射在青色光谱区中具有光谱亏量的灰白色光,预定波长可以是在从约 450nm 至约 500nm 的范围内。
- [0103] 在某些实施方式中,光学元件包括光学材料,该光学材料包含一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(基于组成、结构和/或尺寸),其中每种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒在预定波长下发射光,其中上述预定波长可以相同或不同于由包括在光学材料中的任何其他类型的量子约束半导体纳米颗粒发射的预定波长,以及其中选择一个或多个不同的预定波长以致光学材料将补偿光源的一个或多个光谱亏量。在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒的某些实施方式中,至少两种类型能够在预定波长下发射光,其中上述预定波长不同于由可以包括在光学元件中的其他类型的量子约束半导体纳米颗粒发射的预定波长。
- [0104] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在一种或多种不同光学材料中。
- [0105] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在两种或两种以上不同光学材料中。
- [0106] 在包括两种或两种以上不同光学材料的某些实施方式中,这样的不同光学材料可以,例如,作为分层布置的单独层和/或包括为图案化层的单独部分被包括。
- [0107] 在其中灰白色光源具有一个以上光谱亏量的某些实施方式中,可以通过在至少红色光谱区中寻址光谱亏量来实现所期望的白光输出。
- [0108] 在某些实施方式中,通过光学元件的光源的一个或多个光谱亏量的补偿可以改变

来自光源的光输出以实现具有相关色温 (CCT) 的白光。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2500K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 3000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 4000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 5000K 的 CCT。在某些实施方式中,白光可以具有预定 CCT。

[0109] 在某些实施方式中,通过使用光学元件,在从约 2500K 至约 3500K 的范围内,CCT 的改变并不显著影响产生自灰白色光源的白光的流明 / 瓦效率。例如,当在从约 2500K 至约 3500K 的范围内改变 CCT 时,流明 / 瓦效率并不相差大于 10 个百分点 (相对于 10% 的初始流明 / 瓦效率值)。

[0110] 在某些优选实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包含半导体纳米晶体。

[0111] 在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 40% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 50% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 60% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 70% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 80% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 90% 的固态量子效率。

[0112] 在某些实施方式中,在光学元件的使用期间,量子约束半导体纳米颗粒维持至少 40% 的效率。

[0113] 在某些优选实施方式中,光学材料包含能够发射红光的量子约束半导体纳米颗粒。在其他某些优选实施方式中,光学材料包含能够在橙色至红色光谱区中发射光的量子约束半导体纳米颗粒。

[0114] 在某些实施方式中,光学材料进一步包括其中分布有量子约束半导体纳米颗粒的基质材料。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 1 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 1 至约 2 重量百分比。

[0115] 在光学材料进一步包括基质材料的某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒可以包括在光学材料中,用量大于基质材料的约 5 重量百分比。例如,基于基质材料的重量,光学材料可以包括约 5 至约 20 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒等。

[0116] 在光学材料中,在上述范围以外的量子约束半导体纳米颗粒的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0117] 在某些实施方式中,光学材料进一步包括光散射体。

[0118] 在某些实施方式中,光散射体包括光散射颗粒。

[0119] 在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质

材料的重量的约 0.25 至约 4 重量百分比。在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 2 重量百分比。在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 1 至约 2 重量百分比。

[0120] 在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量大于基质材料的约 5 重量百分比。例如,基于基质材料的重量,光学材料可以包括约 5 至约 20 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的光散射颗粒等。

[0121] 在光学材料中,在上述范围以外的光散射颗粒的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0122] 在某些实施方式中,光学元件进一步包括支撑元件。优选地,支撑元件对于发射自光源的光和对于发射自纳米颗粒的光是光学透明的。

[0123] 在某些实施方式中,包括支撑元件的光学元件可以用作发光器件的盖板。

[0124] 在某些实施方式中,支撑元件包括发光器件的光扩散组件。

[0125] 在某些实施方式中,支撑元件是刚性的。

[0126] 在某些实施方式中,支撑元件是柔性的。

[0127] 在某些实施方式中,将包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料设置在支撑元件的表面的至少一部分上。在某些实施方式中,将包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料设置在支撑元件的主要表面的至少一部分上。在某些实施方式中,将光学材料设置在支撑元件和保护涂层或覆盖层之间,其中上述保护涂层或覆盖层对于由光源和光学材料发射的光是光学透明的。

[0128] 在某些实施方式中,将光学材料设置为在支撑元件的表面的预定面积上的一个或多个层。

[0129] 在某些实施方式中,上述层包含光学材料,该光学材料进一步包括其中分布有量子约束半导体纳米颗粒的基质材料。在某些实施方式中,基于基质材料的重量,上述层包括包含约 0.001 至约 5 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒。

[0130] 在某些实施方式中,基于基质材料的重量,上述层包括大于约 5 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒。例如,基于基质材料的重量,上述层可以包括约 5 至约 20 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒等。

[0131] 在上述层中,量子约束半导体纳米颗粒的在上述范围以外的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0132] 在某些实施方式中,上述层进一步包含光散射体。

[0133] 在某些实施方式中,光散射体包括在该层中,用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。

[0134] 在某些实施方式中,基于基质材料的重量,该层包括大于约 5 重量百分比的光散射颗粒。例如,基于基质材料的重量,上述层可以包括约 5 至约 20 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的光散射颗粒等。

[0135] 在该层中,光散射颗粒的在上述范围以外的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0136] 在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为,例如,约 0.1 微米至约 1cm。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 0.1 至约 200 微米。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 10 至约 200 微米。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 30 至约 80 微米。

[0137] 在其中光学元件接收来自灰白色光源(该灰白色光源发射光,其包括在蓝色光谱区中的发射)的光的某些实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的至少 10% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0138] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的至少 30% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0139] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的至少 60% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0140] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换在蓝色光谱区中的不大于 95% 的发射。

[0141] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换在蓝色光谱区中的不大于 90% 的发射。

[0142] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的约 50% 至约 80% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0143] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的约 60% 至约 80% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0144] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒是无镉的。

[0145] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒包含 III-V 半导体材料。

[0146] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒包含半导体纳米晶体,其包括包含半导体材料的核和设置在核表面的至少一部分上的无机壳。

[0147] 在某些实施方式中,至少部分地封装光学材料。

[0148] 在某些实施方式中,完全封装光学材料。

[0149] 按照本发明的另一个方面,提供了适合于接收一个或多个光源的照明器材,其中照明器材包括光学元件,相对于一个或多个光源的位置,该光学元件被定位在照明器材中,以致在光输出发射自照明器材以前由一个或多个光源产生的光的至少一部分传入光学元件,其中光学元件包括本文教导的光学元件。

[0150] 在某些实施方式中,照明器材包括适合于接收一个或多个光源的外罩,其中光学元件相对于一个或多个光源的位置被定位在照明器材中以接收至少一部分、以及优选所有的由一个或多个光源发射的光。

[0151] 在某些实施方式中,光源包括发灰白色光 LED。在某些这样的实施方式中,来自照明器材的光输出是具有预定 CRI 的白光。在某些实施方式中,CRI 是至少 75。在某些实施方式中,CRI 是至少 80。在某些实施方式中,CRI 是至少 85。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 95。

[0152] 在某些优选实施方式中,白光输出可以具有为正数的 R9 值。更优选地,R9 值是至

少 50。最优选地, R9 值大于 80。

[0153] 在某些实施方式中, 来自照明器材的光输出是具有预定 CCT 的白光。在某些实施方式中, CCT 是至少 2000K。在某些实施方式中, 预定 CCT 是至少 2500K。在某些实施方式中, 预定 CCT 是至少 3000K。在某些实施方式中, 预定 CCT 是至少 4000K。在某些实施方式中, 预定 CCT 是至少 5000K。

[0154] 按照本发明的又一方面, 提供了供照明器材使用的盖板, 其中照明器材和一个或多个光源一起使用, 盖板适合附着于照明器材以接收发射自一个或多个光源的光的至少一部分, 盖板包括本文描述的光学元件。

[0155] 按照本发明的又一方面, 提供了适合附着于包括一个或多个固态半导体发光二极管的发光器件的盖板, 该盖板包括本文描述的光学元件。

[0156] 盖板优选适合附着于器件以接收发射自一个或多个固态半导体发光二极管的光的至少一部分。

[0157] 在某些实施方式中, 光源包括固态半导体发光二极管。

[0158] 在某些实施方式中, 发光器件包括灯。

[0159] 按照本发明的再一方面, 提供了用于从灰白色光源产生具有预定 CRI 的白光的方法, 该方法包括将由光源发射的灰白色光的至少一部分, 其中灰白色光包括光谱输出, 而该光谱输出包括在从约 360nm 至约 475nm 的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约 475nm 至约 575nm 的第二光谱区中的至少一个谱分量、和在至少一个其他光谱区中的亏量, 传入光学材料, 以将灰白色光的至少一部分转换成在约 575 至约 650nm 的范围中的一个或多个发射, 从而获得具有预定 CRI 的白光, 光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

[0160] 在某些实施方式中, 灰白色光包括蓝色光谱分量以及绿色和 / 或黄色光谱分量。

[0161] 在某些实施方式中, 光源包括一个或多个光源。

[0162] 在某些实施方式中, 光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0163] 在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 95。优选地, 光学材料隔开自发光器件、以及不在发光器件的表面上。

[0164] 在某些优选实施方式中, 白光输出可以具有为正数的 R9 值。更优选地, R9 值是至少 50。最优选地, R9 值大于 80。

[0165] 在某些实施方式中, 例如, 光学材料可以将灰白色光的至少一部分转换成在约 580nm 至约 630nm、约 590nm 至约 630nm、约 600nm 至约 620nm、约 605nm 至约 615nm 等范围内的一个或多个发射。

[0166] 在某些实施方式中, 在不同预定波长下发射的一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在一种或多种不同光学材料中。

[0167] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒 (其在不同预定波长下发射) 的某些实施方式中, 不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在两种或两种以上不同光学材料中。

[0168] 在某些实施方式中, 上述方法包括本文描述的光学材料。

[0169] 在某些实施方式中, 上述方法包括本文教导的光学元件。

[0170] 在包括两种或两种以上不同光学材料的某些实施方式中,上述不同光学材料可以,例如,作为分层布置的单独层和/或包括为图案化层的单独部分被包括。

[0171] 按照本发明的再一方面,提供了用于改善发灰白色光半导体发光器件的至少一种颜色特性的方法,其中上述发灰白色光半导体发光器件具有光谱输出,该光谱输出包括在从约 360nm 至约 475nm 的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约 475nm 至约 575nm 的第二光谱区中的至少一个谱分量、和在至少一个其他光谱区中的至少一个亏量,该方法包括将灰白色光的至少一部分传入光学材料,以将灰白色光的至少一部分转换成在至少一个亏量光谱区中的一个或多个发射,从而产生白光,其中上述光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

[0172] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个光源。

[0173] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0174] 在某些实施方式中,上述方法包括本文教导的光学材料。

[0175] 在某些实施方式中,上述方法包括本文教导的光学元件。

[0176] 在某些实施方式中,光学材料包括发红光的量子约束半导体纳米颗粒。

[0177] 在某些实施方式中,光学材料包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒,其中每种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒发射预定波长的光,其中上述预定波长不同于由包括在光学材料中的其他类型的量子约束半导体纳米颗粒的至少一种发射的预定波长,以及其中选择一个或多个不同的预定波长,以致光学材料将补偿发灰白色光半导体发光器件的一个或多个光谱亏量。

[0178] 按照本发明的再一方面,提供了用于改善产生自发灰白色光光源的白光的流明/瓦效率的方法,其中灰白色光包括光谱输出,该光谱输出包括在从约 360nm 至约 475nm 的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约 475nm 至约 575nm 的第二光谱区中的至少一个谱分量、和在至少一个其他光谱区中的亏量,上述方法包括将灰白色光的至少一部分传入光学材料以将灰白色光的至少一部分转换成在约 575nm 至约 650nm 的范围内的一个或多个发射,其中上述光学材料包含量子约束半导体纳米颗粒。

[0179] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个光源。

[0180] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0181] 在某些实施方式中,上述方法包括本文教导的光学材料。

[0182] 在某些实施方式中,上述方法包括本文教导的光学元件。

[0183] 前文所述的、以及本文描述的其他方面和实施方式均构成本发明的实施方式。

[0184] 在本文描述的本发明的某些优选实施方式中,光学材料和/或光学元件是光学通信于、但并不直接物理接触于发光器件或其他光源。

[0185] 如在本文中所使用的,“封装”是指防止特定的元素或化合物,例如,氧和/或水。在某些实施方式中,封装可以是完全的(本文中还可称作完全封装)。在某些实施方式中,封装可以是较少完全的(本文中还可称作部分封装)。

[0186] 以下提供关于量子约束半导体纳米颗粒、光散射体、基质材料、支撑元件、前述的其他部件和元件的另外的信息,以及可用于本发明的其他信息。

[0187] 应当明了,前述的一般性描述和下面的详细描述仅是示例性的和解释性的而不是限制如要求的本发明。鉴于本文披露的本发明的说明书和实施,对于本领域技术人员来说,

其他实施方式将是显而易见的。

附图说明

[0188] 在附图中，

[0189] 图 1 示出了 1931CIE 色度图的一个区。还绘制了黑体辐射曲线、相关色温点、和围绕色温的 ANSI bin。还包括数据例如 2。

[0190] 图 2 示出了 1931CIE 色度图的一个区。还绘制了黑体辐射曲线、相关色温点、和围绕色温的 ANSI bin。还包括数据例如 3。

[0191] 图 3 示出了灰白色光源的光谱的一个实例。

[0192] 图 4 示出了 CIE 1931x、y 色度图和八标称 CCT(K) (Eight Nominal CCT(K)) 容差四边形 (Tolerance Quadrangles) (ANSI C78.377 标准)。

[0193] 这些附图是仅用于说明目的的简化表示。

[0194] 为了更好地理解本发明、以及其其他优点和能力，将连同上述附图一起来参考以下披露的内容和所附权利要求。

具体实施方式

[0195] 在下面的详细描述中，将进一步描述本发明的不同方面和实施方式。

[0196] 量子约束半导体纳米颗粒可以约束电子和空穴并具有光致发光性能以吸收光和再发射不同波长的光。来自量子约束半导体纳米颗粒的发射光的颜色特性取决于量子约束半导体纳米颗粒的尺寸和量子约束半导体纳米颗粒的化学组成。

[0197] 就化学组成、结构、和尺寸而言，量子约束半导体纳米颗粒包括至少一种类型的量子约束半导体纳米颗粒。包括在根据本发明的光学元件中的量子约束半导体纳米颗粒的类型是通过待转换的光的波长和所期望的光输出的波长来确定。如在本文中所讨论的，量子约束半导体纳米颗粒可能或可能不包括在其表面上的壳和 / 或配位体。在某些实施方式中，壳和 / 或配位体可以钝化量子约束半导体纳米颗粒以防止附聚或聚集，从而克服纳米颗粒之间的范德华结合力。在某些实施方式中，配位体可以包括这样的材料，其对于其中可以包括量子约束半导体纳米颗粒的任何基质材料具有亲和力。如在本文中所讨论的，在某些实施方式中，壳包括无机壳。

[0198] 在某些实施方式中，一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒（基于组成、结构和 / 或尺寸）可以包括在基质材料中，其中选择每种类型以获得具有预定颜色的光。

[0199] 按照本发明的一个方面，提供了一种发白光发光器件，该发白光发光器件包括：发灰白色光光源，其中灰白色光包括光谱输出，该光谱输出包括在从约 360nm 至约 475nm 的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约 475nm 至约 575nm 的第二光谱区中的至少一个谱分量、和在至少一个其他光谱区中的至少一个分量；以及光学元件，该光学元件被定位以接收由光源产生的灰白色光的至少一部分，光学元件包括光学材料，用于将灰白色光的至少一部分转换成一个或多个预定波长，至少其一种具有在至少一个分量光谱区中的波长，以致由发光器件发射的光包括白光，其中光学材料包括量子约束半导体纳米颗粒。

[0200] 在某些实施方式中，灰白色光包括蓝色光谱分量和绿色和 / 或黄色光谱分量并且

进一步具有在至少一个其他光谱区中的亏量。

[0201] 在某些实施方式中,发白光发光器件包括灯。

[0202] 在某些实施方式中,发白光发光器件包括照明设备,该照明设备包括具有一个或多个光源的照明器材。

[0203] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个光源。

[0204] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0205] 在某些实施方式中,例如,其中光源发射具有一个以上光谱亏量的灰白色光,光学元件可以包括光学材料,该光学材料包括一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(基于组成、结构和/或尺寸),其中每种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以将灰白色光的一部分转换成预定波长,该预定波长不同于由包括在光学材料中的任何其他类型的量子约束半导体纳米颗粒的至少一种发射的预定波长。

[0206] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在一种或多种不同光学材料中。

[0207] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在两种或两种以上不同光学材料中。

[0208] 在包括两种或两种以上不同光学材料的某些实施方式中,这样的不同光学材料可以,例如,作为分层布置的单独层和/或包括为图案化层的单独部分被包括。

[0209] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的其他实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在叠放设置的两种或更多种不同光学元件中。在这样的实施方式中,每个光学元件可以包括一种或多种如上所述的光学材料。

[0210] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的实施方式中,由发光器件发射的光包括由在一个或多个不同的预定波长下的光发射补充的光发射。在这种情况下,选择两个或更多不同预定波长以满足或补偿光源的一个或更多的光谱亏量。

[0211] 例如,在某些实施方式中,发灰白色半导体 LED 发射,例如,在光谱的红色、橙色、和/或青色光谱区中具有光谱亏量的灰白色光。

[0212] 在某些实施方式中,发光器件可以包括光学元件,用于将饱和红光加入光源光输出。这可以提供更加饱和的红色(对于相同的功率输入)、或等效红色功率(对于较低的电功率消耗)。

[0213] 在某些实施方式中,发光器件可以包括光学元件,用于将在橙色至红色光谱区(例如,从约 575nm 至约 650nm)中的光加入光源输出。

[0214] 在某些实施方式中,发光器件可以将青色光加入光源光输出。

[0215] 在某些实施方式中,通过光学元件的光源的一个或多个光谱亏量的补偿可以改变来自光源的光输出以实现具有一般显色指数(R_a)的白光。(一般显色指数(R_a)在本文中还称作 CRI.) 在某些实施方式中, CRI 是至少 75。在某些实施方式中, CRI 是至少 80。在某些实施方式中, CRI 是至少 85。在某些实施方式中, CRI 是至少 90。在某些实施方式中,

CRI 是至少 95。

[0216] 在某些优选实施方式中,白光输出可以具有为正数的 R9 值。更优选地,R9 值是至少 50。最优选地,R9 值大于 80。

[0217] 在某些实施方式中,由发白光器件发射的白光可以具有预定 CRI。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 95。

[0218] 在某些实施方式中,通过光学元件的光源的一个或多个光谱亏量的补偿可以改变来自光源的光输出以实现具有相关色温 (CCT) 的白光。在某些实施方式中,白光可以具有预定 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2500K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 3000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 4000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 5000K 的 CCT。

[0219] 在某些优选实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括半导体纳米晶体。

[0220] 在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 40% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 50% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 60% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 70% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 80% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 90% 的固态量子效率。

[0221] 在某些实施方式中,在光学元件的使用期间,量子约束半导体纳米颗粒维持至少 40% 的效率。

[0222] 在某些优选实施方式中,光学材料包括能够发射红光的量子约束半导体纳米颗粒。在其他某些优选实施方式中,光学材料包括能够在橙色至红色光谱区中发射光的量子约束半导体纳米颗粒。

[0223] 在某些实施方式中,光学材料包括分布在基质材料中的量子约束半导体纳米颗粒。优选地,基质材料包括固态基质材料。

[0224] 可用于本文描述的本发明的各种实施方式和方面的基质材料的实例包括聚合物、单体、树脂、粘合剂、玻璃、金属氧化物、和其他非聚合材料。优选的基质材料包括聚合和非聚合材料,其对于光的预选波长是至少部分透明的、并且优选完全透明的。在某些实施方式中,预选波长可以包括在电磁波谱的可见区(例如,400-700nm)中的光的波长。优选的基质材料包括交联聚合物和溶剂浇铸聚合物。优选基质材料的实例包括但不限于玻璃或透明树脂。尤其是,从加工性能的角度考虑,可以适当使用这样的树脂如非固化树脂、热固化树脂、或可光致固化树脂。作为这样的树脂的具体实例(以低聚物或聚合物的形式)包括蜜胺树脂、酚醛树脂、烷基树脂、环氧树脂、聚氨酯树脂、马来树脂、聚酰胺树脂、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯、聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮、羟乙基纤维素、羧甲基纤维素、包含形成这些树脂的单体的共聚物等。本领域技术人员可以确定其他适宜的基质材料。

[0225] 在由本披露内容设想的某些实施方式和方面中,基质材料包括可光致固化树脂。

在某些实施方式中,可光致固化树脂可以是优选的基质材料,例如,在其中将图案化组成的实施方式中。作为可光致固化树脂,可以使用光聚合树脂如基于丙烯酸或甲基丙烯酸并且包含反应性乙烯基的树脂,可光致交联树脂,其通常包含光敏剂,如聚肉桂酸乙烯酯、二苯甲酮,等等。当不使用光敏剂时,可以使用热固化树脂。可以单独地或以两种或两种以上的组合来使用这些树脂。

[0226] 在由本披露内容设想的某些实施方式和方面中,基质材料包括溶剂浇铸树脂。可以将聚合物如聚氨酯树脂、马来树脂、聚酰胺树脂、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯、聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮、羟乙基纤维素、羧甲基纤维素、包含形成这些树脂的单体的共聚物等溶解于本领域技术人员已知的溶剂。在蒸发溶剂后,树脂形成用于半导体纳米颗粒的固态基质材料。

[0227] 在某些实施方式中,光散射体和/或其他添加剂(例如,湿润剂或均化剂)也可以包括在光学材料中。

[0228] 可以用于本文描述的本发明的实施方式和方面的光散射体(本文中还可称作散射体或光散射颗粒)的实例包括但不限于金属或金属氧化物颗粒、气泡、以及玻璃和聚合物珠(实心或空心)。本领域技术人员可以容易确定其他光散射体。在某些实施方式中,散射体具有球形。散射颗粒的优选实例包括但不限于 TiO_2 、 SiO_2 、 BaTiO_3 、 BaSO_4 和 ZnO 。可以使用其他材料的颗粒,其与基质材料是非反应性的并且可以增加激发光在基质材料中的吸收程长。在某些实施方式中,光散射体可以具有高折射率(例如, TiO_2 、 BaSO_4 等)或低折射率(气泡)。

[0229] 本领域技术人员可以容易选择散射体的尺寸和尺寸分布。尺寸和尺寸分布可以基于散射颗粒和其中待分散光散射体的基质材料的折射率失配、和按照瑞利散射理论将散射的预选波长。可以进一步处理散射颗粒的表面以改善在基质材料中的分散性和稳定性。在一种实施方式中,散射颗粒包括 TiO_2 (R902+, 来自 DuPont, (0.405 μm 中值颗粒尺寸), 按重量计浓度为约 0.001 至约 5%。在某些优选实施方式中,按重量计,散射体的浓度范围为 0.1% 至 2%。在某些实施方式中,还可以使用具有 0.2 μm 颗粒尺寸的光散射颗粒。在光学材料中的光散射颗粒的其他尺寸和浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0230] 在某些实施方式中,包括量子约束半导体纳米颗粒和基质材料的光学材料可以形成自包含量子约束半导体纳米颗粒和液体载体的油墨,其中液体载体包括一种成分,该成分包括能够被交联的一个或多个官能团。可以例如通过 UV 处理、热处理、或有关领域技术人员可以容易确定的另一种交联技术,来交联功能单位。在某些实施方式中,包括能够被交联的一个或多个官能团的成分可以是液体载体本身。在某些实施方式中,它可以是共溶剂。在某些实施方式中,它可以是与液体载体的混合物的成分。在某些实施方式中,油墨可以进一步包括光散射体。

[0231] 在由本披露内容设想的本发明的某些优选实施方式中,将量子约束半导体纳米颗粒(例如,半导体纳米晶体)作为单独颗粒分布在基质材料内。

[0232] 在光学材料进一步包括基质材料的某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒可以包括在光学材料中,用量为基质材料的约 0.001 至约 5 重量百分比。在某些优选实施方式中,基于基质材料的重量,光学材料包括约 0.1 至约 3 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒。在某些更优选的实施方式中,基于基质材料的重量,该组合物包括约 0.5 至约 3 重量

百分比的量子约束半导体纳米颗粒。在包括光散射体的某些实施方式中,基于光学材料的重量,光学材料包括约 0.001 至约 5 重量百分比的散射体。

[0233] 在光学材料进一步包括基质材料的某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒可以包括在光学材料中,用量大于基质材料的约 5 重量百分比。例如,基于基质材料的重量,光学材料可以包括约 5 至约 20 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒等。

[0234] 在光学材料中,量子约束半导体纳米颗粒的在上述范围以外的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0235] 在本文教导的本发明的某些方面和实施方式中,光学元件可以进一步包括支撑元件。在某些实施方式中,将光学材料设置在支撑元件上。在某些实施方式中,将光学材料设置在支撑元件的表面的预定面积上。

[0236] 在某些实施方式中,支撑元件是基本上光学透明的。在某些实施方式中,支撑元件是至少 90%透明的。在某些实施方式中,支撑元件是至少 95%透明的。在某些实施方式中,支撑元件是至少 99%透明的。

[0237] 在某些实施方式中,支撑元件是光学半透明的。

[0238] 在某些实施方式中,支撑元件可以包括刚性材料,例如,玻璃、聚碳酸酯、丙烯酸酯(acrylic)、石英、蓝宝石、或其他已知的刚性材料。

[0239] 在某些实施方式中,支撑元件可以包括柔性材料,例如,聚合物材料如塑料(例如但不限于薄丙烯酸酯、环氧树脂、聚碳酸酯、PEN、PET、PE)或硅氧烷。

[0240] 在某些实施方式中,支撑元件可以包括柔性材料,其包括在其上的二氧化硅或玻璃涂层。优选地,二氧化硅或玻璃涂层是足够薄以保留基层柔性材料的柔性特性。

[0241] 在某些实施方式中,支撑元件具有约 0.1%至约 5%的透射混浊度(如在 ASTM D1003-0095 中所定义的)。(ASTM D1003-0095 以引用方式结合于本文。)

[0242] 在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面是光滑的。

[0243] 在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面的至少一部分可以是成波状的。在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面可以是成波状的。

[0244] 在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面的至少一部分可以是粗糙的。在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面可以是粗糙的。

[0245] 在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面的至少一部分可以是有织纹的。在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面可以是有织纹的。

[0246] 在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面可以是凹形。

[0247] 在某些实施方式中,支撑元件的一个或两个主要表面可以是凸形。

[0248] 在某些实施方式中,支撑元件的一个主要表面的至少一部分可以包括显微物镜。在某些实施方式中,支撑元件的至少一个主要表面可以包括显微物镜。

[0249] 在某些实施方式中,载体基质的厚度是基本上均匀的。

[0250] 在某些实施方式中,可以基于特定的最终用途来选择支撑元件的几何形状和尺寸。

[0251] 在某些实施方式中,光学元件包括至少一层,该层包括包含量子约束半导体纳米颗粒的一种或多种光学材料。

[0252] 在包括一种以上类型的量子约束半导体纳米颗粒的某些实施方式中,每种类型可以包括在单独层中。

[0253] 在某些实施方式中,使光学材料设置穿过支撑元件的表面的至少一部分。

[0254] 在某些实施方式中,使光学材料设置穿过支撑元件的主要表面的至少一部分。

[0255] 在某些实施方式中,使光学材料设置为穿过支撑元件的主要表面的不间断层。

[0256] 在某些实施方式中,包括光学材料的层具有,例如,约 0.1 微米至约 1cm 的厚度。在某些实施方式中,光学材料层可以具有约 0.1 至约 200 微米的厚度。在某些实施方式中,厚度可以为约 10 至约 200 微米。在某些实施方式中,厚度可以为约 30 至约 80 微米。

[0257] 在某些实施方式中,还可以包括其他可选层。

[0258] 在某些实施方式中,层可以包括两层或更多层。

[0259] 虽然,考虑到能量,进一步包括滤光片 (filter) 可能是不合乎需要的,但由于其他原因可以存在其中包括滤光片的情况,。在这样的情况下,可以包括滤光片。在某些实施方式中,滤光片可以覆盖支撑元件的所有或至少预定部分。在某些实施方式中,可以包括滤光片,用于阻止一个或多个预定波长的光的通过。滤光层可以包括在光学材料的上面或下面。在某些实施方式中,光学元件可以包括在支撑元件的不同表面上的多个滤光层。在某些实施方式中,可以包括陷波滤光层。

[0260] 在某些实施方式中,在光学元件中可以包括一个或多个抗反射涂层。

[0261] 在某些实施方式中,在光学元件中可以包括一个或多个波长选择性反射涂层。这样涂层可以,例如,将光反射回到光源。

[0262] 在某些实施方式中,例如,光学元件可以进一步包括外耦合构件 (outcoupling member) 或穿过其表面的至少一部分的结构。在某些实施方式中,可以穿过表面均匀地分布外耦合构件或结构。在某些实施方式中,外耦合构件或结构可以变化其形状、尺寸、和 / 或频率,以实现外耦合自表面的更加均匀的光分布。在某些实施方式中,外耦合构件或结构可以是正的 (positive),例如,位于或突出在光学元件的上方,或负的 (negative),例如,位于光学元件的表面的下方,或两者的组合。

[0263] 在某些实施方式中,光学元件在从其发射光的表面上可以进一步包括透镜、棱镜表面、光栅等。在这样的表面上还可以可选地包括其他涂层。

[0264] 在某些实施方式中,可以通过模塑、压花、层压、施加可固化配方 (例如,通过若干技术来形成,上述技术包括但不限于喷涂、平印术、印刷 (丝网印刷、喷墨印刷、柔版印刷等) 等) 来形成外耦合构件或结构。

[0265] 在某些实施方式中,支撑元件可以包括光散射体。

[0266] 在某些实施方式中,支撑元件可以包括气泡或空气间隙。

[0267] 在某些实施方式中,光学元件可以包括一个或多个具有扁平或消光修饰 (matte finish) 的主要表面。

[0268] 在某些实施方式中,光学元件可以包括一个或多个抛光表面。

[0269] 在本文教导的本发明的某些方面和实施方式中,光学元件可以可选地进一步包括覆盖层、涂层或层,用于防止环境 (例如,灰尘、水分等) 的影响和 / 或划伤或磨损。

[0270] 在某些实施方式中,至少部分地封装光学材料。

[0271] 在某些实施方式中,通过屏障材料至少部分地封装光学材料。在某些实施方式中,

通过基本上不透氧的材料至少部分地封装光学材料。在某些实施方式中,通过基本上不透水分(例如,水)的材料至少部分地封装光学材料。在某些实施方式中,通过基本上不透氧和水分的材料至少部分地封装光学材料。在某些实施方式中,例如,可以将光学材料夹在基质之间。在某些实施方式中,一种或两种基质可以包括玻璃板。在某些实施方式中,例如,可以将光学材料夹在基质(例如,玻璃板)和阻隔膜之间。在某些实施方式中,可以将光学材料夹在两个阻隔膜或涂层之间。

[0272] 在某些实施方式中,完全封装光学材料。在某些实施方式中,例如,可以将光学材料夹在基质(例如,玻璃板)(通过周边密封对其加以密封)之间。在某些实施方式中,例如,可以将光学材料设置在基质(例如,玻璃支撑物)上并用阻隔膜完全覆盖。在某些实施方式中,例如,可以将光学材料设置在基质(例如,玻璃支撑物)上并用保护涂层完全覆盖。在某些实施方式中,可以将光学材料夹在两个阻隔膜或涂层(通过周边密封对其加以密封)之间。

[0273] 适宜阻隔膜或涂层的实例包括但不限于硬金属氧化物涂层、薄玻璃层、和 Barix 涂层材料,其可获自 Vitex Systems, Inc.。本领域技术人员可以容易确定其他阻隔膜或涂层。

[0274] 在某些实施方式中,一个以上的阻隔膜或涂层可以用来封装光学材料。

[0275] 光源的实例包括但不限于固态发光器件。

[0276] 在某些实施方式中,发光器件可以包括单光源。

[0277] 在某些实施方式中,发光器件可以包括多个光源。在包括多个光源的某些实施方式中,个别光源可以是相同或不同的。

[0278] 在包括多个光源的某些实施方式中,每个个别光源可以发射具有一定波长的光,上述波长相同或不同于由每个其他光源发射的波长。

[0279] 在包括多个光源某些实施方式中,可以将个别光源安排成阵列。

[0280] 在某些优选实施方式中,发灰白色光 LED 包括发蓝光半导体 LED,其包括磷光体材料,用于将蓝色 LED 光输出转换成灰白色光。

[0281] 在某些实施方式中,例如,包括在发灰白色光 LED 中的发蓝光 LED 元件包括,例如,(In)GaN 蓝。

[0282] 在某些实施方式中,蓝色 LED 可以发射在约 400nm 至约 500nm 的范围中的光。

[0283] 在某些实施方式中,蓝色 LED 可以发射在约 420nm 至约 475nm 范围中的光。

[0284] 在某些实施方式中,蓝色 LED 可以发射波长约 470nm 的光。在某些实施方式中,发灰白色光 LED 包括发 UV 光半导体 LED,其包括磷光体材料,用于将 UV LED 光输出转换成灰白色光。

[0285] 在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒与散射体的重量比为约 1 : 100 至约 100 : 1。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒与散射体的重量比为约 1 : 2 至约 2 : 1。

[0286] 如本文中所描述的,在本发明的某些实施方式中,发白光发光器件包括:一个或多个发灰白色光光源;以及光学元件,该光学元件被定位以接收由一个或多个光源产生的光的至少一部分并将如此接收的光的至少一部分转换成一个或多个预定波长,以致由发光器件发射的光包括来自光源的光发射并补充有在一个或多个预定波长下的光发射,从而提供

白光,其中光学元件包括包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料。

[0287] 有利地,在本发明的包括包含发红光的量子约束半导体纳米颗粒的光学元件的某些实施方式中,获得的白光可以具有至少 75 的 CRI。在某些实施方式中,白光可以具有至少 80 的 CRI。在某些实施方式中,白光可以具有至少 85 的 CRI。在某些实施方式中,白光可以具有至少 90 的 CRI。在某些实施方式中,白光可以具有至少 95 的 CRI。

[0288] 在某些优选实施方式中,白光输出可以具有为正数的 R9 值。更优选地,R9 值是至少 50。最优选地,R9 值大于 80。

[0289] 在某些实施方式中,白光可以具有预定 CRI。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 95。

[0290] 在某些实施方式中,光学材料并不直接接触光源。在某些实施方式中,光学元件并不直接接触光源。优选地,在发光器件的操作过程中,在纳米颗粒的位置处的温度低于 100°C、低于 90°C、低于 75°C、60°C 或更低、50°C 或更低、40°C 或更低。在某些优选实施方式中,在发光器件的操作过程中,在纳米颗粒的位置处的温度为约 30°C 至约 60°C。

[0291] 在某些实施方式中,光源包括灰白色 LED(例如,发蓝光半导体 LED,其用包括磷光体材料的包封剂加以封装),以及光学元件包括光学材料,该光学材料包括能够发射红光的量子约束半导体纳米颗粒。

[0292] 在根据本发明的发光器件的某些实施方式中,其中上述发光器件包括例如一个或多个光源(其包括一个或多个发灰白色光 LED)和光学元件,该光学元件包括包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料,其中上述量子约束半导体纳米颗粒能够发射在橙色至红色光谱区中的光,将在橙色至红色光谱区中的发射加入发光器件的光输出。

[0293] 在某些实施方式中,添加具有在约 575nm 至约 650nm 的光谱范围内的预定发射波长的纳米颗粒可以改善发射自发光器件的白光的流明/瓦效率而没有增加其功率需求。

[0294] 在某些实施方式中,通过光学元件的光源的一个或多个光谱亏量的补偿可以改变来自光源的光输出以实现具有相关色温(CCT)的白光。在某些实施方式中,白光可以具有预定 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2500K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 3000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 4000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 5000K 的 CCT。

[0295] 如在本文中所使用的,一般显色指数(其可以缩写为 R_a)是指显色指数的常见定义,作为 8 个标准色样品(R_{1-8})的平均值。如在本文中所使用的,R9 是指第九个标准色样品(强红光),如由国际照明委员会(CIE)提出的。

[0296] 在根据本发明的发光器件的某些实施方式中,其中上述发光器件包括光源,其包括发灰白色光 LED,和光学元件,其包括光学材料,该光学材料包括发橙色光(例如,约 575nm 至约 595nm)的量子约束半导体纳米颗粒,将橙光发射分量加入发光器件的光输出。

[0297] 在某些实施方式中,添加具有在橙色光谱区中的预定发射波长的纳米颗粒可以改善发射自发光器件的白光的流明/瓦效率而没有增加其功率需求。

[0298] 在根据本发明的发光器件的某些实施方式中,其中上述发光器件包括例如光源,

其包括发灰白色光 LED, 和光学元件, 其包括光学材料, 该光学材料包括发青色光的量子约束半导体纳米颗粒, 将青光发射分量加入发光器件的光输出。

[0299] 在某些实施方式中, 添加具有青色光谱区中的预定发射波长的纳米颗粒可以改善发射自发光器件的白光的流明 / 瓦效率而没有增加其功率需求以及 CRI。

[0300] 在某些实施方式中, 光源包括一个或多个光源。

[0301] 在某些实施方式中, 光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0302] 按照本发明的另一个方面, 提供了用于从发射灰白色光的光源产生具有预定 CRI 的白光的光学元件, 其中灰白色光包括光谱输出, 该光谱输出包括在从约 360nm 至约 475nm 的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约 475nm 至约 575nm 的第二光谱区中的至少一个谱分量、和在至少一个其他光谱区中的亏量, 光学元件包括光学材料, 用于将来自灰白色光源的光输出的至少一部分转换成一个或多个不同的预定波长, 以致产生自光学元件的光包括白光, 其中光学材料包括量子约束半导体纳米颗粒。

[0303] 在某些实施方式中, 灰白色光包括蓝色光谱分量和绿色和 / 或黄色光谱分量并且进一步包括在光谱的另一个区中的至少一个光谱亏量。

[0304] 在某些实施方式中, 光源包括一个或多个光源。

[0305] 在某些实施方式中, 光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0306] 在某些实施方式中, 白光具有预定 CRI。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中, 预定 CRI 是至少 95。

[0307] 在某些优选实施方式中, 选择预定波长以满足或补偿在光源的光谱区中的亏量, 例如, 通过补充在至少一个光谱亏量区中的光源的光输出。

[0308] 在某些实施方式中, 例如, 其中光源发射在橙色至红色光谱区中具有光谱亏量的灰白色光, 预定波长可以是在约 575nm 至约 650nm、约 580nm 至 630nm、约 590nm 至约 630nm、约 605nm 至 620nm 等的范围内。

[0309] 在某些实施方式中, 例如, 其中光源发射在青色光谱区中具有光谱亏量的灰白色光, 光学材料可以包括一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒, 其可以在约 450nm 至约 500nm 的范围中的一个或多个预定波长下发射。

[0310] 在某些实施方式中, 光学元件包括光学材料, 该光学材料包括一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒 (基于组成、结构和 / 或尺寸), 其中每种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒发射预定波长的光, 其中上述预定波长不同于由包括在光学材料中的任何其他类型的量子约束半导体纳米颗粒发射的预定波长, 以及其中选择一个或多个不同的预定波长, 以致光学材料将补偿预期的灰白色光源的一个或多个光谱亏量。

[0311] 在包括一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒 (其在不同预定波长下发射) 的某些实施方式中, 不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在一种或多种不同光学材料中。

[0312] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒 (其在不同预定波长下发射) 的某些实施方式中, 不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在两种或两种以上不同光学材料中。

[0313] 在包括两种或两种以上不同光学材料的某些实施方式中, 上述不同光学材料可

以,例如,作为分层设置的单独层和 / 或包括为图案化层的单独部分被包括。

[0314] 在其中灰白色光源具有一个以上光谱亏量的某些实施方式中,可以通过在至少红色光谱区中寻址光谱亏量来实现所期望的白光输出。

[0315] 在某些实施方式中,通过光学元件的光源的一个或多个光谱亏量的补偿可以改变来自光源的光输出以实现具有一般显色指数 (R_a) 的白光。在某些实施方式中,CRI 是至少 75。在某些实施方式中,CRI 是至少 80。在某些实施方式中,CRI 是至少 85。在某些实施方式中,CRI 是至少 90。在某些实施方式中,CRI 是至少 95。

[0316] 在某些优选实施方式中,白光输出可以具有为正数的 R9 值。更优选地,R9 值是至少 50。最优选地,R9 值大于 80。

[0317] 在某些实施方式中,由发白光器件发射的白光可以具有预定 CRI。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 95。

[0318] 在某些实施方式中,通过光学元件的光源的一个或多个光谱亏量的补偿可以改变来自光源的灰白色光输出以实现具有相关色温 (CCT) 的白光。在某些实施方式中,白光可以具有预定 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 2500K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 3000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 4000K 的 CCT。在某些实施方式中,发白光发光器件的白光输出可以具有至少约 5000K 的 CCT。

[0319] 在某些实施方式中,通过使用光学元件,在约 2500K 至约 3500K 的范围内,CCT 的改变并不显著影响产生自灰白色光源的白光的流明 / 瓦效率。例如,当在约 2500K 至约 3500K 的范围内改变 CCT 时,流明 / 瓦效率并不相差大于 10 个百分点 (相对于 10% 的初始流明 / 瓦效率值)。

[0320] 在某些优选实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括半导体纳米晶体。

[0321] 在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 40% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 50% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 60% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 70% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 80% 的固态量子效率。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒具有至少 90% 的固态量子效率。

[0322] 在某些实施方式中,在光学元件的使用期间,量子约束半导体纳米颗粒维持至少 40% 的效率。

[0323] 在某些实施方式中,光学材料包括能够发射红光的量子约束半导体纳米颗粒。在某些实施方式中,光学材料包括能够发射在橙色至红色光谱区中的光的量子约束半导体纳米颗粒。

[0324] 在某些实施方式中,光学材料进一步包括其中分布有量子约束半导体纳米颗粒的基质材料。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包

括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 1 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 1 至约 2 重量百分比。

[0325] 在光学材料进一步包括基质材料的某些实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒可以包括在光学材料中,用量大于基质材料的约 5 重量百分比。例如,基于基质材料的重量,光学材料可以包括约 5 至约 20 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒等。

[0326] 在光学材料中量子约束半导体纳米颗粒的在上述范围以外的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0327] 在某些实施方式中,光学材料进一步包括光散射体。

[0328] 在某些实施方式中,光散射体包括光散射颗粒。

[0329] 在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.25 至约 4 重量百分比。在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 3 重量百分比。在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 0.5 至约 2 重量百分比。在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量为基质材料的重量的约 1 至约 2 重量百分比。

[0330] 在某些实施方式中,光散射颗粒包括在光学材料中,用量大于基质材料的约 5 重量百分比。例如,基于基质材料的重量,光学材料可以包括约 5 至约 20 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的光散射颗粒等。

[0331] 在光学材料中光散射颗粒的在上述范围以外的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0332] 在某些实施方式中,光学元件进一步包括支撑元件。优选地,支撑元件对于发射自光源的光和对于发射自纳米颗粒的光是光学透明的。

[0333] 在某些实施方式中,包括支撑元件的光学元件可以用作发光器件的盖板。

[0334] 在某些实施方式中,支撑元件包括发光器件的光扩散组件。

[0335] 在某些实施方式中,支撑元件是刚性的。

[0336] 在某些实施方式中,支撑元件是柔性的。

[0337] 在某些实施方式中,可以基于特定的最终用途(例如,灯、发光器件、照明器材、或其他器具或器件)来选择支撑元件的几何形状和尺寸。

[0338] 在某些实施方式中,将包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料设置在支撑元件的表面的至少一部分上。在某些实施方式中,将包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料设置在支撑元件的主要表面的至少一部分上。在某些实施方式中,将光学材料设置在支撑元件和保护涂层或覆盖层(其对于由光源和光学材料发射的光是光学透明的)之间。

[0339] 在某些实施方式中,将光学材料设置为在支撑元件的表面的预定面积上的一层或多层。

[0340] 在某些实施方式中,上述层包括光学材料,其进一步包括其中分布有量子约束半导体纳米颗粒的基质材料。在某些实施方式中,基于基质材料的重量,上述层包括约 0.001

至约 5 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒。

[0341] 在某些实施方式中,基于基质材料的重量,上述层包括大于约 5 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒。例如,基于基质材料的重量,上述层可以包括约 5 至约 20 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的量子约束半导体纳米颗粒等。

[0342] 在上述层中量子约束半导体纳米颗粒的在上述范围以外的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0343] 在某些实施方式中,上述层进一步包括光散射体。

[0344] 在某些实施方式中,光散射体包括在层中,用量为基质材料的重量的约 0.001 至约 5 重量百分比。

[0345] 在某些实施方式中,基于基质材料的重量,上述层包括大于约 5 重量百分比的光散射颗粒。例如,基于基质材料的重量,上述层可以包括约 5 至约 20 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 15 重量百分比的光散射颗粒、约 5 至约 10 重量百分比的光散射颗粒等。

[0346] 在上述层中光散射颗粒的在上述范围以外的其他浓度也可以被确定为可用或需要的。

[0347] 在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为,例如,约 0.1 微米至约 1cm。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 0.1 至约 200 微米。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 10 至约 200 微米。在某些实施方式中,包括光学材料(其包括基质材料)的层的厚度为约 30 至约 80 微米。

[0348] 在某些实施方式中,灰白色光包括蓝色光谱分量和绿色和/或黄色光谱分量并且进一步包括在光谱的另一区中的至少一个光谱亏量。

[0349] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的至少 10% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0350] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的至少 30% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0351] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的至少 60% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0352] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换在蓝色光谱区中的不大于 95% 的发射。

[0353] 在某些这样的实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒转换在蓝色光谱区中的不大于 90% 的发射。

[0354] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的约 50% 至约 80% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0355] 在某些这样的实施方式中,光学元件可以将在蓝色光谱区中的约 60% 至约 80% 的发射转换成一个或多个预定波长。

[0356] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒是无镉的。

[0357] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒包括 III-V 半导体材料。

[0358] 在某些实施方式中,包括在光学材料中的量子约束半导体纳米颗粒包括半导体纳米晶体,其包括包含半导体材料的核和设置在核表面的至少一部分上的无机壳。

[0359] 在某些实施方式中,至少部分地封装光学材料。

[0360] 在某些实施方式中,完全封装光学材料。

[0361] 按照本发明的另一个方面,提供了适合于接收一个或多个光源的照明器材,其中照明器材包括光学元件,该光学元件相对于一个或多个光源的位置被定位在照明器材中,以致在光输出发射自照明器材以前由一个或多个光源产生的光的至少一部分传入光学元件,其中光学元件包括本文教导的光学元件。

[0362] 在某些实施方式中,照明器材包括适合于接收一个或多个光源的外罩,其中光学元件相对于一个或多个光源的位置被定位在照明器材中以接收至少一部分的、以及优选所有的由一个或多个光源发射的光。

[0363] 在某些实施方式中,光源包括发灰白色光 LED。在某些这样的实施方式中,来自照明器材的光输出是具有 CRI 的白光。在某些实施方式中,CRI 是至少 75。在某些实施方式中,CRI 是至少 80。在某些实施方式中,CRI 是至少 85。在某些实施方式中,CRI 是至少 90。在某些实施方式中,CRI 是至少 95。

[0364] 在某些优选实施方式中,白光输出可以具有为正数的 R9 值。更优选地,R9 值是至少 50。最优选地,R9 值大于 80。

[0365] 在某些实施方式中,由发白光器件发射的白光可以具有预定 CRI。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 95。

[0366] 在某些实施方式中,来自照明器材的光输出是具有预定 CCT 的白光。在某些实施方式中,CCT 是至少 2000K。在某些实施方式中,预定 CCT 是至少 2500K。在某些实施方式中,预定 CCT 是至少 3000K。在某些实施方式中,预定 CCT 是至少 4000K。在某些实施方式中,预定 CCT 是至少 5000K。按照本发明的又一方面,提供了供照明器材(用于一个或多个光源)使用的盖板,其中盖板适合附着于照明器材以接收发射自一个或多个光源的光的至少一部分,以及盖板包括本文描述的光学元件。

[0367] 按照本发明的又一方面,提供了适合附着于盖板(其包括一个或多个固态半导体发光器件)的发光器件,其中盖板包括本文描述的光学元件。

[0368] 盖板优选适合附着于器件以接收发射自一个或多个发光器件的光的至少一部分。

[0369] 在某些实施方式中,发光器件包括灯。

[0370] 按照本发明的再一方面,提供了用于从灰白色光源产生具有预定 CRI 的白光的方法,该方法包括使由光源发射的灰白色光的至少一部分,其中灰白色光包括光谱输出,该光谱输出包括在从约 360nm 至约 475nm 的第一光谱区中的至少一个谱分量、在从约 475nm 至约 575nm 的第二光谱区中的至少一个谱分量、和在至少一个其他光谱区中的至少一个亏量,传入光学材料以将灰白色光的至少一部分转换成在从约 575nm 至约 650nm 的范围中的一个或多个发射,从而获得具有预定 CRI 的白光,光学材料包括量子约束半导体纳米颗粒。

[0371] 在某些实施方式中,灰白色光源包括一个或多个光源。

[0372] 在某些实施方式中,灰白色光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0373] 在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 75。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 80。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 85。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 90。在某些实施方式中,预定 CRI 是至少 95。优选地,光学材料隔开自发光器件、以及不在发光器件的表面上。

[0374] 在某些实施方式中,来自照明器材的光输出是具有预定 CCT 的白光。在某些实施方式中,CCT 是至少 2000K。在某些实施方式中,预定 CCT 是至少 2500K。在某些实施方式中,预定 CCT 是至少 3000K。在某些实施方式中,预定 CCT 是至少 4000K。在某些实施方式中,预定 CCT 是至少 5000K。

[0375] 在某些实施方式中,例如,光学材料可以将蓝色光谱发射的至少一部分转换成在约 580nm 至约 630nm、约 590nm 至约 630nm、约 600nm 至约 620nm、约 605nm 至约 615nm 等的范围内的一个或多个发射。

[0376] 在某些实施方式中,一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)可以包括在一种或多种不同光学材料中。

[0377] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在两种或两种以上不同光学材料中。

[0378] 在某些实施方式中,上述方法包括本文教导的光学材料。

[0379] 在某些实施方式中,上述方法包括本文教导的光学元件。

[0380] 在包括两种或两种以上不同光学材料的某些实施方式中,上述不同光学材料可以,例如,作为分层布置的单独层和/或包括为图案化层的单独部分被包括。

[0381] 按照本发明的又一个方面,提供了用于改善产生自发灰白色光固态半导体发光器件的白光的流明/瓦效率的方法,其中上述器件具有光谱输出,该光谱输出包括在蓝色光谱区以及绿色和/或黄色光谱区中的发射,上述方法包括使蓝光发射的至少一部分传入光学材料以将蓝色光谱发射的至少一部分转换成在约 575nm 至约 650nm 的范围内的发射,其中光学材料包括量子约束半导体纳米颗粒。

[0382] 在某些实施方式中,上述方法包括本文教导的光学材料。

[0383] 在某些实施方式中,上述方法包括本文教导的光学元件。

[0384] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个光源。

[0385] 在某些实施方式中,光源包括一个或多个固态半导体发光二极管。

[0386] 在某些实施方式中,例如,光学材料可以将蓝色光谱发射的至少一部分转换成在约 580nm 至约 630nm、约 590nm 至约 630nm、约 605nm 至约 620nm 等的范围内的发射。

[0387] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在一种或多种不同光学材料中。

[0388] 在包括两种或更多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒(其在不同预定波长下发射)的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以包括在两种或两种以上不同光学材料中。

[0389] 在本文教导的本发明的某些方面和实施方式中,将光学材料(例如,包括分散在基质材料(优选聚合物或玻璃)中的量子约束半导体纳米颗粒)暴露于光通量足够长的时

间以增加光学材料的光致发光效率。在某些实施方式中,将光学材料暴露于光和热足够长的时间以增加光学材料的光致发光效率。在某些实施方式中,持续暴露于光或光和热一段时间直到光致发光效率达到基本恒定值。在某些实施方式中,峰值波长为约 450nm 的 LED 光源用作光通量源。技术人员可以容易确定其他已知光源。在某些实施方式中,光通量为约 10 至约 100mW/cm²,优选约 20 至约 35mW/cm²,以及更优选约 20 至约 30mW/cm²。在包括将光学材料暴露于光和热的实施方式中,在约 25° 至约 80℃ 的温度下将光学材料暴露于光。在某些实施方式中,当暴露于光(不论是否也施加热)时,可以封装光学材料(例如,包括分散在基质材料(优选聚合物或玻璃)中的量子约束半导体纳米颗粒)(例如,可以将一层光学材料设置在玻璃板、阻隔膜、其组合之间)。在某些实施例中,可以围绕周边或边缘将玻璃板、阻隔膜、或其组合进一步密封在一起。在某些实施方式中,密封包括屏障材料。在某些实施方式中,密封包括氧气阻隔层。在某些实施方式中,密封包括水阻隔层。在某些实施方式中,密封包括氧气和水阻隔层。在某些实施方式中,密封是基本上不透水和 / 或氧气。密封技术的实例包括但不限于玻璃-玻璃密封、玻璃-金属密封、基本上不透氧和 / 或水的密封材料、减慢氧气和 / 或水分的渗透的环氧和其他密封材料。在某些实施方式中,当暴露于光(不论是否也施加热)时,可以部分地封装光学材料(例如,包括分散在基质材料(优选聚合物或玻璃)中的量子约束半导体纳米颗粒)。

[0390] 在本文描述的本发明的某些实施方式和方面中,可以基于特定的最终用途来选择支撑元件、光学元件、底板、和 / 或盖板的几何形状和尺寸。

[0391] 在某些实施方式中,至少部分地封装光学材料。

[0392] 在某些实施方式中,完全封装光学材料。

[0393] 在某些实施方式中,发灰白色光光源具有大致类似于图 3 所示的光谱输出。

[0394] 有利地,灰白色 LED(具有光谱输出,其相同于、或大致类似于图 3 所示的光谱输出(例如但不限于 CL-191G,可获自 Citizen Electronics Co.,Ltd.(其采用 470nm 芯片和发光物质)))和光学材料(其包括发红光的量子约束半导体纳米颗粒)的使用可以提供具有另外益处的白光发射:彩色再现指数大于 90。(参见以下实施例 2,作为非限制性的说明性实施例。)

[0395] 可以例如借助于在包括 NIST 可追踪校准光源的积分球中的分光光度计来测量光致发光效率。在这样的实施方式中,光学材料可以进一步包括本文描述的光散射颗粒和其他可选的添加剂。

[0396] 将通过以下实施例,其用来说明本发明,来进一步阐明本发明。

[0397] 实施例

[0398] 实施例 1:

[0399] 实施例 1A

[0400] 用 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸来制备能够发射 609nm 光的半导体纳米晶体

[0401] CdSe 核的合成:在 140℃ 下,将 1.75mmol 乙酸镉溶解于在 20mL 管形瓶中的 15.7mmol 三正辛基膦,然后干燥和脱气一小时。将 31.0mmol 三辛基氧化膦和 4mmol 十八烷基膦酸加入三颈烧瓶,然后在 110℃ 下干燥和脱气一小时。在脱气以后,将 Cd 溶液加入氧化物 / 酸烧瓶并在在氮气下加热混合物至 270℃。在温度达到 270℃ 以后,将 16mmol 三正丁基膦注入烧瓶。使温度回到 270℃,然后迅速注入 2.3mL 的 1.5M TBP-Se。在 270℃ 下加热

反应混合物 5 分钟,然后从反应烧瓶除去加热罩,从而使溶液可以冷却至室温。通过添加甲醇和异丙醇的 3 : 1 混合物,从在氮气氛手套箱内的生长溶液沉淀出 CdSe 核。然后将分离的核溶解于己烷并用来制作核-壳材料。(Abs/ 发射 /FWHM(nm) = 557/566/27)。

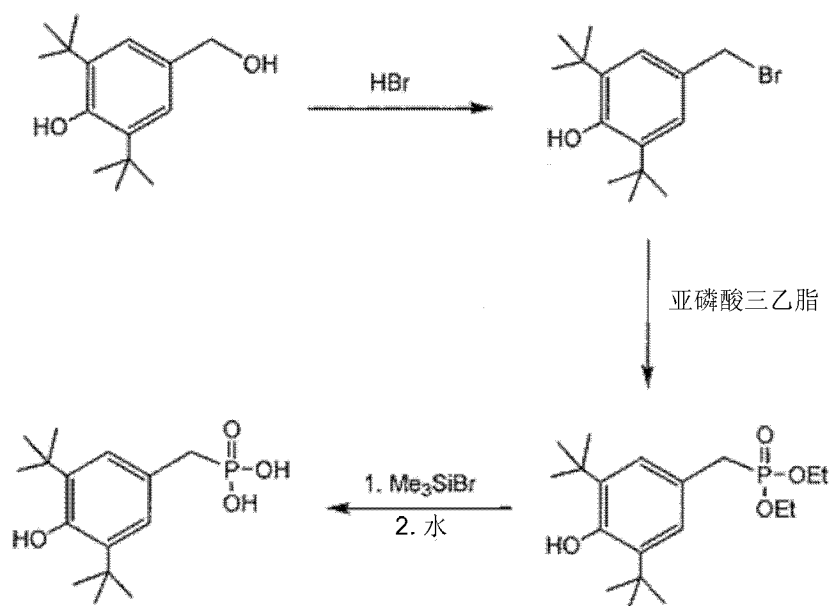
[0402] CdSe/CdZnS 核-壳纳米晶体的合成:进行两个相同的反应,借此将 25.86mmol 三辛基氧化膦和 2.4mmol 的 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸(参见以下*)装入 50mL 四颈圆底烧瓶。然后通过加热到 120℃ 约 1 小时,在反应容器中对混合物进行干燥和脱气。然后将烧瓶冷却至 70℃ 并将包含来自上述的分离 CdSe 核的己烷溶液(0.128mmol Cd 含量)加入各自的反应混合物。在减压下除去己烷。二甲基镉、二乙基锌、和六甲基二硅硫烷分别用作 Cd、Zn、和 S 前体。以等摩尔比混合 Cd 和 Zn,而 S 则相对于 Cd 和 Zn 是两倍过量。在氮气氛手套箱内,将两组 Cd/Zn(0.35mmol 二甲基镉和二乙基锌)和 S(1.40mmol 六甲基二硅硫烷)样品各自溶解于 4mL 三辛基膦。在制备前体溶液以后,在氮气下加热反应烧瓶至 155℃。在 155℃ 下利用注射泵经 2 小时,将 Cd/Zn 和 S 前体溶液滴加入各自的反应烧瓶。在壳生长以后,将纳米晶体转移到氮气氛手套箱并通过添加甲醇和异丙醇的 3 : 1 混合物从生长溶液沉淀出来。然后将分离核-壳纳米晶体分散于甲苯,合并来自两批的溶液,并用来制作包括相同的光学材料(Abs/ 发射 /FWHM(nm) = 597/609/31)。

[0403] *3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸的制备

[0404] 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸获自 PCI Synthesis,90opportunity Way, Newburyport, Massachusetts 01950。

[0405] 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸的制备通常采用以下合成方法:

[0406]



[0407] 可以通过下述来表征 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸:

[0408] 熔点:199-200 °C [Lit:200 °C, 参考文献:J.D. Spivack, FR1555941(1969)] IR: 3614cm⁻¹、3593cm⁻¹(弱, O-H 拉伸)。

[0409] ¹H-NMR(CD₃OD): δ 7.10(d, 芳族的, 2H, J_{pH} = 2.6Hz), 5.01(s, 交换的 HOD), 2.99(d, -CH₂, 2H, J_{pH} = 21.2Hz), 1.41(s, -CH₃, 18H)。

[0410] ¹³C-NMR(CD₃OD): δ 152.9(芳族的), 137.9(芳族的), 126.2(芳族的), 123.5(芳

族的), 34.41(d, $-\text{CH}_2$, 35.75, 33.07, $J_{\text{P,C}} = 537.2\text{Hz}$), 34.35($-\text{C}(\text{CH}_3)_3$), 29.7($-\text{C}(\text{CH}_3)_3$)。

[0411] ^{31}P -NMR(CD_3OD): δ 26.8

[0412] 在 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸的制备中包括的上述确定的合成前体可以通过下述来表征:

[0413] 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸二乙酯:

[0414] 熔点: 119–120 °C (Lit: 118–119 °C; 参考文献: R. K. Ismagilov, Zhur. Obshchei Khimii, 1991, 61, 387)。

[0415] IR: 3451 cm^{-1} (弱, $-\text{OH}$, 拉伸), 2953 (弱, $-\text{CH}_3$, C-H 拉伸)。

[0416] ^1H -NMR(CDCl_3): δ 7.066(d, Ar-H, 2H, $J_{\text{P,H}} = 2.8\text{Hz}$), 5.145(s, 1H, $-\text{OH}$), 4.06–3.92(m, $-\text{CH}_2\text{CH}_3$, 4H, H-H 和 远程 P-H 偶合), 3.057(d, Ar- CH_2 , 2H, $J_{\text{P,H}} = 21.0\text{Hz}$), 1.412(s, $-\text{C}(\text{CH}_3)_3$, 18H), 1.222(t, $-\text{CH}_2\text{CH}_3$, 6H)。

[0417] ^{13}C -NMR(CDCl_3): δ 153.98(芳族的), 136.22(芳族的), 126.61(芳族的), 122.07(芳族的), 62.14($-\text{OCH}_2\text{CH}_3$, $J_{\text{P,C}} = 24.4\text{Hz}$), 33.63(Ar- CH_2 , $J_{\text{P,C}} = 552.4\text{Hz}$), 34.53[$-\text{C}(\text{CH}_3)_3$], 30.54[$-\text{C}(\text{CH}_3)_3$], 16.66($-\text{CH}_2\text{CH}_3$, $J_{\text{P,C}} = 24.4\text{Hz}$)。

[0418] ^{31}P -NMR(CDCl_3): δ 28.43。

[0419] 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基溴:

[0420] 熔点: 51–54 °C (Lit: 52–54 °C; 参考文献: J. D. McClure, J. Org. Chem., 1962, 27, 2365)

[0421] IR: 3616 cm^{-1} (介质, O-H 拉伸), 2954 cm^{-1} (弱, 烷基 C-H 拉伸)。

[0422] ^1H -NMR(CDCl_3): δ 7.20(s, Ar-H, 2H), 5.31(s, $-\text{OH}$), 4.51(s, $-\text{CH}_2$, 2H), 1.44{s, [$-\text{C}(\text{CH}_3)_3$], 18H}。

[0423] ^{13}C -NMR(CDCl_3): δ 154.3(芳族的), 136.5(芳族的), 128.7(芳族的), 126.3(芳族的), 35.8[$-\text{C}(\text{CH}_3)_3$], 34.6($-\text{CH}_2$), 30.5[$-\text{C}(\text{CH}_3)_3$]。

[0424] 相关领域的技术人员已知或容易确定的其他合成方法可以用来制备 3,5-二叔丁基-4-羟基苄基膦酸。

[0425] 实施例 1B

[0426] 能够发射绿光的半导体纳米晶体的制备:

[0427] ZnSe 核的合成: 将 3.5mmol 二乙基锌溶解于 25mL 三正辛基膦并混合与 5mL 的 1M TBP-Se。将 0.16mol 油胺装入 250mL 三颈烧瓶, 在 90 °C 下干燥和脱气一小时。在脱气以后, 在氮气下加热烧瓶至 310 °C。在温度达到 310 °C 以后, 注入 Zn 溶液并在 270 °C 下加热反应混合物 15–30 分钟, 同时定期移除溶液的等分部分以监测纳米晶体的生长。在纳米晶体的第一吸收峰达到 350nm 以后, 通过下降烧瓶温度至 160 °C 来停止反应, 然后 ZnSe 核材料用于 CdZnSe 核的制备而没有进一步纯化。

[0428] CdZnSe 核的合成: 将 11.2mmol 二甲基镉溶解于 40mL 三正辛基膦并混合与 12mL 的 1M TBP-Se。在 1L 玻璃反应器中, 装入 0.414mol 三辛基氧化膦和 40mmol 己基膦酸, 在 120 °C 下干燥和脱气一小时。在脱气以后, 在氮气下加热氧化物/酸至 160 °C 并在 160 °C 下将全部 ZnSe 核反应混合物 (参见上文) 套管转移到 1L 反应器, 紧接着经由注射泵经 20 分钟添加 Cd/Se 溶液。然后在 150 °C 下加热反应混合物 16–20 小时, 同时定期移除等分部分的溶液以监测纳米晶体的生长。在 CdZnSe 核的发射峰达到 489nm 以后, 通过冷却混合物至室

温来停止反应。在氮气手套箱内通过添加甲醇和正丁醇的 2 : 1 混合物,从生长溶液沉淀出 CdZnSe 核。然后将分离核溶解于己烷并用来制作核-壳材料。

[0429] CdZnSe/CdZnS 核-壳纳米晶体的合成:将 0.517mol 三辛基氧化膦和 44.8mmol 苄基膦酸装入 1L 玻璃反应器。然后在反应器中通过加热至 120℃ 约 1 小时来干燥和脱气混合物。然后将反应器冷却至 75℃ 并将包含分离 CdZnSe 核的己烷溶液 (1.99mmol Cd 含量) 加入反应混合物。在减压下除去己烷。二甲基镉、二乙基锌、和六甲基二硅硫烷分别用作 Cd、Zn、和 S 前体。以 3 : 10 的比例混合 Cd 和 Zn,而 S 则是相对于 Cd 和 Zn (合并的) 两倍过量。在氮气手套箱内,将 Cd/Zn (6.5/15.2mmol 二甲基镉和二乙基锌) 和 S (43.4mmol 六甲基二硅硫烷) 样品各自溶解于 27mL 三辛基膦。在制备前体溶液以后,在氮气下,加热反应器至 150℃。在 150℃ 下利用注射泵经 2 小时滴加前体溶液。在壳生长以后,将纳米晶体转移到氮气手套箱并通过添加甲醇和异丙醇的 3 : 1 混合物从生长溶液沉淀出来。然后将分离核-壳纳米晶体溶解于甲苯并用来制作量子点复合材料。

[0430] 实施例 2

[0431] 配方和薄膜

[0432] 包括半导体纳米晶体的光学元件的制备:

[0433] 配方:

[0434] 利用包括半导体纳米晶体 (基本上按照实施例 1A 中所描述的合成加以制备) 的光学材料来制备以下配方。

[0435] 半导体纳米晶体包括分散在甲苯中的发红光半导体纳米晶体并具有在 609nm 处的谱分量、约 31nm 的 FWHM、83% 的溶液量子产率、和 16.4mg/ml 的浓度。

[0436] 在先前关闭管形瓶、在真空下通过注射器针头进行清洗、然后用氮气回填以后,将 3.1ml 的发红光纳米晶体的 16.4mg/ml 悬浮液加入 20ml 隔膜加盖管形瓶 (包括磁性搅拌棒)。通过真空解吸从管形瓶除去大约 90% 的溶剂。通过注射器添加 0.504g 的 RD-12, 低粘度活性稀释剂,市售自 Radcure Corp., 9Audrey Pl, Fairfield, NJ 07004-3401 (还称作 Actega Radcure, 5Mansard Court, Wayne, NJ 07470)。通过真空解吸从管形瓶除去剩余溶剂。然后通过注射器将 2.117g 的 DR-150 加入管形瓶并利用旋涡混合器混合混合物。(DR-150 是紫外光固化丙烯酸酯配方,市售自 Radcure)。接着将 0.03 克 TiO₂ (Ti-Pure R902+, 可获自 DuPont) 加入敞口管形瓶,用旋涡混合器混合混合物,然后用均化器加以混合。

[0437] 然后将管形瓶加盖并在真空下除去空气,接着用氮气回填。

[0438] 然后将封闭的管形瓶放置在超声浴中 50 分钟。当样品在超声浴中时小心避免温度超过 40℃。

[0439] 将样品储存在黑暗中直到用来制作薄膜。

[0440] 薄膜:

[0441] 安放先前清理的 (用丙酮擦拭,接着用甲醇擦拭) 1" × 3" 玻璃显微镜载玻片并在载玻片的下部的 1" × 1" 部分的角落上放置四个 80 微米的塑料垫片标签 (plastic shim stock tab)。将少量的上述配方施加在 1" × 1" 区域的中部。将第二预清洗 1" × 3" 显微镜载玻片配对于第一显微镜载玻片并借助于小型办公用粘合剂将它们夹在一起。夹钳位于垫片 (shim stock) 的中心。

[0442] 用来自 DYMAX 公司并具有 H- 灯泡 (H-bulb) 的 5000-EC UV 光固化泛光灯 (225mW/cm²) 固化显微镜载玻片结构 10 秒。将它转到相反侧并再固化 10 秒。包含纳米晶体的层的厚度大约为 80um。

[0443] 测量结果：

[0444] 借助于银粉漆，将四个 LED (CL-191G, 可获自 Citizen Electronics Co., Ltd.) 附着于电路板，其本身被安装到热电冷却器 (TEC) 台，其中利用一层硅氧烷传热化合物以改善热接触。TEC 被设定为 25℃ 并且用设置为 20.0mA 的恒流源来驱动 LED 芯片。上述 LED 器件被定位在具有 0.5 英寸开孔的 6 英寸直径的积分球的前面。将包含 80 微米固化薄膜 (其包含上述红色半导体纳米晶体) 的显微镜载玻片结构放置在 LED 器件和积分球的开孔之间，与开孔平齐。用光纤耦合的 Avantes 分光光度计来收集光谱数据。来自光谱分析的结果示于表 1 和图 1。

[0445] 表 1

[0446]

样品	CCT	Ra	x	y
LED	6768	56.1	0.2937	0.4094
LED+包含 QD 的薄膜	2724	92	0.4615	0.4168

[0447] 图 1 示出了 1931CIE 色度图的一部分。还绘制了 Planckian Locus 1931 (本文中也可称作黑体辐射曲线或黑体轨迹)、标记在黑体辐射曲线上的相关色温点和相应的周围 ANSI 标称 CCT 容差四边形 (或 bin)。图中示出灰白色 LED, 其具有 x, y 坐标 0.2937、0.4094, 如在积分球中测得的。当将在此实施例中描述的薄膜放置在 LED 之上时, 结果是 CIE x, y 坐标为 0.4615、0.4168 的热白光, 以及色温是 2700K。获得的光“白光”。在某些实施方式中, 例如, Duv 或离黑体曲线的距离小于 0.007。产生自实施例 2 的白光是在 ANSI bin 内, 并且基本上在黑体轨迹上。

[0448] (ANSI bin 是指围绕黑体轨迹的八标称 CCT 容差四边形, 如图 4 所示, 其覆盖冷到暖白色空间 (cool-to-warm white space), 如在 ANSIC78.377-2008 标准中所概述的, 其全部内容以引用方式结合于本文)。

[0449] 实施例 3:

[0450] 包括半导体纳米晶体的堆叠薄膜

[0451] 包括半导体纳米晶体的光学元件的制备:

[0452] 配方:

[0453] 利用包括发绿光半导体纳米晶体 (基本上按照在实施例 1B 中所描述的合成加以制备) 的光学材料来制备以下配方。

[0454] 发绿光半导体纳米晶体被分散在甲苯中并具有在 538nm 处的谱分量、约 42nm 的 FWHM、67% 的溶液量子产率和 37mg/ml 的浓度。

[0455] 将 4.4ml 的发绿光纳米晶体的 37mg/ml 悬浮液加入包括磁性搅拌棒的 20ml 隔膜加盖管形瓶, 其被先前关闭并在真空下通过注射器针头加以清洗, 然后用氮气回填。通过真空解吸从管形瓶除去大约 90% 的溶剂。通过注射器添加 1.5ml 的 RD-12, 低粘度活性稀释剂, 市售自 Radcure Corp.。通过真空解吸从管形瓶除去剩余溶剂。然后通过通过注射器

将 6ml 的 DR-150 加入管形瓶并利用旋涡混合器混合混合物。(DR-150 是紫外光固化丙烯酸酯配方,市售自 Radcure)。

[0456] 样品储存在黑暗中直到用来制作薄膜。

[0457] 薄膜:

[0458] 安放先前清理的(用丙酮擦拭,接着用甲醇擦拭)1"×3"玻璃显微镜载玻片并在载玻片的下部的1"×1"部分的角落上放置四个80微米的塑料垫片标签(plastic shim stock tab)。将少量的上述配方施加在1"×1"区域的中部。将第二预清洗1"×3"显微镜载玻片配对于第一显微镜载玻片并借助于小型办公用粘合剂将它们夹在一起。夹钳位于垫片(shim stock)的中心。

[0459] 用来自 DYMAX 公司并具有 H- 灯泡(H-bulb)的 5000-EC UV 光固化泛光灯(225mW/cm²)固化显微镜载玻片结构 10 秒。将它转到相反侧并再固化 10 秒。包含纳米晶体的层的厚度大约为 80um。

[0460] 测量结果:

[0461] 借助于银粉漆,将四个 LED(CL-191G,可获自 Citizen Electronics Co.,Ltd.)附着于电路板,其本身被安装到热电冷却器(TEC)台,其中利用一层硅氧烷传热化合物以改善热接触。TEC 被设定为 25℃并且用设置为 20.0mA 的恒流源来驱动 LED 芯片。上述 LED 器件被定位在具有 0.5 英寸开孔的 6 英寸直径的积分球的前面。将包含 80 微米固化薄膜(其包含在实施例 2 中所描述的发红光半导体纳米晶体)的显微镜载玻片结构和包含上述发绿光半导体纳米晶体(如在此实施例 3 中所描述的方法来制备)的薄膜放置在 LED 器件和积分球的开孔之间,与开孔平齐。发红光薄膜最接近 LED。用光纤耦合的 Avantes 分光光度计来收集光谱数据。来自光谱分析的结果示于表 2 和图 2。(本文中半导体纳米晶体还可以称作量子点或 QD)。

[0462] 和具有包含红色 QD 的薄膜的 LED 相比,对于包括包含红色和绿色 QD 的薄膜的样品,此实施例的数据呈现较低 CCT 而没有流明输出的降低。

[0463] 表 2

[0464]

样品	流明	CCT	Ra	x	y
LED	0.2577	6768	56.1	0.2937	0.4094
LED+包含红色 QD 的薄膜	0.1099	2724	92	0.4615	0.4168
LED+包含红色和绿色 QD 的薄膜	0.1098	2478	92.6	0.4858	0.4245

[0465] 由于半导体纳米晶体具有窄发射线宽,是光致发光有效的,和借助于纳米晶体的尺寸和/或组成,发射波长是可调的,所以它们是用于本文描述的本发明的不同方面和实施方式优选的量子约束半导体纳米颗粒。

[0466] 可以选择可用于本发明的不同方面和实施方式的量子约束半导体纳米颗粒(包括,例如,半导体纳米晶体)的尺寸和组成,以致半导体纳米晶体在光谱的远可见、可见、红外或其他所期望部分中的波长带的预定波长下发射光子。例如,波长可以为 300 至 2,500nm 或更大,如 300 至 400nm、400 至 700nm、700 至 1100nm、1100 至 2500nm,或大于 2500nm。

[0467] 量子约束半导体纳米颗粒（包括，例如，半导体纳米晶体）是纳米尺度无机半导体纳米颗粒。半导体纳米晶体包括，例如，直径约 1nm 至约 1000nm 的无机晶体，优选约 2nm 至约 50nm，更优选地约 1nm 至约 20nm（如约 6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、或 20nm）。

[0468] 包括在本发明的不同方面和实施方式中的半导体纳米晶体最优选具有小于约 150 埃(Å)的平均纳米晶体直径。在某些实施方式中，平均纳米晶体直径为约 12 至约 150Å 的半导体纳米晶体可以是特别所期望的。

[0469] 然而，取决于半导体纳米晶体的组成和所期望的发射波长，平均直径可以是在这些各种优选尺寸范围以外。

[0470] 形成用于本文描述的本发明的不同方面和实施方式的纳米颗粒和纳米晶体的半导体可以包括 IV 族元素、II-VI 族化合物、IIIV 族化合物、III-VI 族化合物、III-V 族化合物、IV-VI 族化合物、I-III-VI 族化合物、II-IV-VI 族化合物、或 II-IV-V 族化合物，例如，CdS、CdO、CdSe、CdTe、ZnS、ZnO、ZnSe、ZnTe、MgTe、GaAs、GaP、GaSb、GaN、HgS、HgO、HgSe、HgTe、InAs、InP、InSb、InN、AlAs、AlP、AlSb、AlS、PbS、PbO、PbSe、Ge、Si、它们的合金、和 / 或它们的混合物，包括三元和四元混合物和 / 或合金。

[0471] 纳米颗粒和纳米晶体的形状的实例包括球形、棒形、圆盘形、其他形状、或它们的混合形状。

[0472] 在本发明的某些优选方面和实施方式中，量子约束半导体纳米颗粒（包括，例如，半导体纳米晶体）包括一种或多种第一半导体材料的“核”，其可以包括在核表面的至少一部分上的第二半导体材料的外敷层或“壳”。在某些实施方式中，壳围绕核。包括在核表面的至少一部分上的壳的量子约束半导体纳米颗粒（包括，例如，半导体纳米晶体）核亦称为“核 / 壳”半导体纳米晶体。

[0473] 例如，量子约束半导体纳米颗粒（包括，例如，半导体纳米晶体）可以包括核，其包括族 IV 元素或由化学式 MX 表示的化合物，其中 M 是镉、锌、镁、汞、铝、镓、铟、铊、或它们的混合物，以及 X 是氧、硫、硒、碲、氮、磷、砷、锑、或它们的混合物。适合用作核的材料的实例包括但不限于 CdS、CdO、CdSe、CdTe、ZnS、ZnO、ZnSe、ZnTe、MgTe、GaAs、GaP、GaSb、GaN、HgS、HgO、HgSe、HgTe、InAs、InP、InSb、InN、AlAs、AlP、AlSb、AlS、PbS、PbO、PbSe、Ge、Si、它们的合金、和 / 或它们的混合物，包括三元和四元混合物和 / 或合金。

[0474] 壳（或涂层）可以是半导体材料，其组成不同于核的组成。在纳米晶体的表面上的半导体材料的涂层可以包括 II-VI 族化合物、II-V 族化合物、III-VI 族化合物、III-V 族化合物、IV-VI 族化合物、I-III-VI 族化合物、II-IV-VI 族化合物、和 II-IV-V 族化合物。适合用作壳的材料的实例包括但不限于 CdS、CdO、CdSe、CdTe、ZnS、ZnO、ZnSe、ZnTe、MgTe、GaAs、GaP、GaSb、GaN、HgS、HgO、HgSe、HgTe、InAs、InP、InSb、InN、AlN、AlAs、AlP、AlSb、AlS、PbS、PbO、PbSe、PbTe、TiN、TiP、TiAs、TiSb、Ge、Si、它们的合金、和 / 或它们的混合物，包括三元和四元混合物和 / 或合金。例如，ZnS、ZnSe 或 CdS 外敷层可以生长在 CdSe 或 CdTe 纳米晶体上。例如，美国专利 6,322,901 中，描述的外敷层方法。通过调节反应混合物的温度（在外敷层期间）和监测核的吸收光谱，可以获得具有高发射量子效率和窄尺寸分布的涂层材料。外敷层可以是 1 至 10 个单层厚。

[0475] 在某些实施方式中，周围“壳”材料可以具有大于核材料的带隙的带隙并且可

以加以选择以具有接近“核”基质的原子间距。在另一种实施方式中,周围壳材料可以具有这样的带隙,其小于核材料的带隙。在又一种实施方式中,壳和核材料可以具有相同的晶体结构。上文进一步讨论了壳材料。关于核/壳半导体结构的另外的实例,参见2003年8月12日提交的美国申请号10/638,546,题目为“Semiconductor Nanocrystal Heterostructures(半导体纳米晶体异质结构)”,其全部内容以引用方式结合于本文。

[0476] 量子约束半导体纳米颗粒优选是具有窄尺寸分布的半导体纳米颗粒总体的成员。更优选地,量子约束半导体纳米颗粒(包括,例如,半导体纳米晶体)包括单分散或基本上单分散的纳米颗粒群(population)。

[0477] 量子约束半导体纳米颗粒显示强量子限制效应,其可以用于设计自下而上的化学方法以产生可以借助于纳米颗粒的尺寸和组成加以调节的光学性能。

[0478] 例如,半导体纳米晶体的制备和操作的描述可以参见Murray et al. (J. Am. Chem. Soc, 115 :8706(1993))、Christopher Murray 的论文“Synthesis and Characterization of II-VI Quantum Dots and Their Assembly into 3-D Quantum Dot Superlattices”, Massachusetts Institute of Technology, September, 1995、以及题目为“Highly Luminescent Color-selective Materials(高发光颜色选择性材料)”的美国专利申请第08/969,302号,其全部内容以引用方式结合于本文。半导体纳米晶体的制备和操作的其它实施例描述于美国专利6,322,901和6,576,291、以及美国专利申请第60/550,314号,其各自的全部内容以引用方式结合于本文。

[0479] 在本发明的不同方面和实施方式中,量子约束半导体纳米颗粒(包括但不限于半导体纳米晶体)可选地具有附着于其上的配位体。

[0480] 在某些实施方式中,配位体源自生长过程中所使用的配位性溶剂。可以通过重复暴露于过量的竞争性配位基团来改性在表面上的配位体以形成覆盖层。例如,可以用配位有机化合物如吡啶来处理封端的半导体纳米晶体的分散体,以产生容易分散在吡啶、甲醇、和芳族化合物中但不再分散在脂族溶剂中的晶体。可以用能够配位于或键合于半导体纳米晶体的外表面的任何化合物,包括,例如,膦、硫醇、胺和磷酸酯,来进行这样的表面交换过程。可以将半导体纳米晶体暴露于短链聚合物,其对于表面呈现亲和力以及其终止在对于悬浮液或分散介质具有亲和力的部分。上述亲和力可以改善悬浮液的稳定性以及阻止半导体纳米晶体的絮凝。在其他实施方式中,可以可替换地借助于非配位性溶剂来制备半导体纳米晶体。

[0481] 典型的配位性溶剂包括烷基膦、烷基氧化膦、烷基膦酸、或烷基次膦酸,然而,其他配位性溶剂,如吡啶、呋喃、和胺,也可以适用于纳米晶体生产。适宜配位性溶剂的实例包括吡啶、三正辛基膦(TOP)、三正辛基氧化膦(TOPO)和三羟基丙基膦(tHPP)。可以使用工业级TOPO。

[0482] 例如,配位体可以具有以下化学式:

[0483] $(Y-)_{k-n}-(X)-(L)_n$

[0484] 其中k是2、3或5,以及n是1、2、3、4或5,以致k-n不小于零;X是O、S、S=O、SO₂、Se、Se=O、N、N=O、P、P=O、As、或As=O;Y和L各自独立地是芳基、杂芳基、或直链或支链C2-12烃链,其可选地包含至少一个双键、至少一个三键、或至少一个双键和一个三键。烃链可以可选地被一个或多个C1-4烷基、C2-4链烯基、C2-4炔基、C1-4烷氧基、羟

基、卤基、氨基、硝基、氰基、C3-5 环烷基、3-5 元杂环烷基、芳基、杂芳基、C1-4 烷基羰氧基、C1-4 烷氧羰基、C1-4 烷基羰基、或甲酰取代。烃链还可以可选地被 -O-、-S-、-N(Ra)-、-N(Ra)-C(O)-O-、-O-C(O)-N(Ra)-、-N(Ra)-C(O)-N(Rb)-、-O-C(O)-O-、-P(Ra)-、或 -P(O)(Ra)- 中断。Ra 和 Rb 各自独立地是氢、烷基、链烯基、炔基、烷氧基、羟烷基、羟基、或卤烷基。芳基是取代或未取代的环状芳族基团。实例包括苯基、苄基、萘基、甲苯基、蒽基、硝基苯基、或卤苯基。杂芳基是在环中具有一个或更多杂原子的芳基，例如呋喃基、吡啶基、吡咯基、菲基。

[0485] 适合的配位体是可商购的或可通过一般的有机合成技术来制备，例如，在 J. March, *Advanced Organic Chemistry* 中所描述的，其全部内容以引用方式结合于本文。

[0486] 还参见 2003 年 8 月 15 日提交的题目为 "Stabilized Semiconductor Nanocrystals (稳定化的半导体纳米晶体)" 的美国专利申请第 10/641,292 号，其全部内容以引用方式结合于本文。

[0487] 当电子和空穴位于量子约束半导体纳米颗粒 (包括但不限于半导体纳米晶体) 上时，可以发生在发射波长下的发射。发射具有对应于量子约束半导体材料的带隙的频率。带隙是纳米颗粒尺寸的函数。具有较小直径的量子约束半导体纳米颗粒可以具有介于物质的分子和整体形式之间的中间性能。例如，具有较小直径的量子约束半导体纳米颗粒可以呈现电子和空穴在所有三维上的量子约束，其导致材料的有效带隙随晶粒尺寸的减小而增加。因此，当晶体的尺寸减小时，例如，半导体纳米晶体的光吸收和发射均转向蓝色、或转向更高能量。

[0488] 来自量子约束半导体纳米颗粒的发射可以是窄高斯发射带，其可以在光谱的紫外区、可见区、或红外区的整个波长范围内通过变化量子约束半导体纳米颗粒的尺寸、量子约束半导体纳米颗粒的组成、或两者，加以调节。例如，可以在可见区中调节 CdSe 以及在红外区中调节 InAs。量子约束半导体纳米颗粒的群的窄尺寸分布可以导致在窄光谱范围内光的发射。该群可以是单分散的，其优选呈现小于 15% rms (均方根) 的量子约束半导体纳米颗粒直径的偏差，更优选小于 10%，最优选小于 5%。对于在可见区中发射的量子约束半导体纳米颗粒，可以观测到在不大于约 75nm、优选 60nm、更优选 40nm、以及最优选 30nm 半峰全宽 (FWHM) 的窄范围内和光谱发射。发 IR 光量子约束半导体纳米颗粒可以具有不大于 150nm、或不大于 100nm 的 FWHM。依据发射的能量来表示，发射可以具有不大于 0.05eV、或不大于 0.03eV 的 FWHM。发射的宽度随量子约束半导体纳米颗粒直径的分散度的减小而减小。

[0489] 例如，半导体纳米晶体可以具有高发射量子效率如大于 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、或 90%。

[0490] 半导体纳米晶体的窄 FWHM 可以导致饱和色发射。在单一材料系统的整个可见光谱中广泛可调的饱和色发射不匹配于任何种类的有机发色团 (参见，例如，Dabbousi et al, *J. Phys. Chem.* 101, 9463 (1997)，其全部内容以引用方式结合于本文)。单分散群的半导体纳米晶体将发射跨越波长的窄范围的光。包括一种以上尺寸的半导体纳米晶体的图案可以发射在波长的一个以上的窄范围内的光。可以通过选择半导体纳米晶体尺寸和材料的适当结合来控制由观察者感知发射光的颜色。半导体纳米晶体的带边能级的简并性便于所有可能激子的俘获和辐射复合。

[0491] 透射电子显微镜法 (TEM) 可以提供关于半导体纳米晶体群的尺寸、形状和分布的信息。粉末 X 射线衍射 (XRD) 图样可以提供关于半导体纳米晶体的晶体结构的类型和质量

的最完整信息。尺寸的估计也是可能的,这是因为,借助于 X 射线相干长度,颗粒直径负相关于峰宽。例如,半导体纳米晶体的直径可以通过透射电子显微镜法直接测量或估计自 X 射线衍射数据,其中利用,例如,谢乐公式。它还可以估计自 UV/Vis 吸收光谱。

[0492] 优选在受控(无氧气和无水分)环境中处理量子约束半导体纳米颗粒,从而在制造过程中防止发光效率的猝灭。

[0493] 包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料可以被分散在液体介质中,因而相容于薄膜沉积技术如旋涂、下拉铸造(drop-casting)、和浸涂。

[0494] 在某些优选实施方式中,用于根据本发明的不同方面和实施方式的光学材料可以,例如,制备自包含量子约束半导体纳米颗粒的油墨和液体载体,其中液体载体包括一种或多种官能团,其能够被聚合(例如,交联)以形成基质材料。在某些实施方式中,可以通过 UV 处理来交联功能单位。在某些实施方式中,可以通过热处理来交联功能单位。在某些实施方式中,可以通过有关领域技术人员容易确定的其他交联技术来交联功能单位。在某些实施方式中,包括能够被交联的一种或多种官能团的光学材料可以是液体载体本身。可选地,油墨进一步包括散射体和/或其他添加剂。

[0495] 可以通过印刷、丝网印刷、旋涂、凹版印刷技术、喷墨印刷、辊筒打印等,将油墨沉积在基质表面上。可以以预定安排来沉积油墨。例如,可以以图案化或非图案化安排来沉积油墨。

[0496] 由于包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料在部件或层中的定位来自这些沉积技术,所以并不是纳米颗粒的所有表面可用于吸收和发射光。

[0497] 在某些实施方式中,可以利用接触印刷,将包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料沉积在表面上。参见例如,A. Kumar and G. Whitesides, Applied Physics Letters, 63, 2002-2004, (1993)、以及 V. Santhanam and R. P. Andres, Nano Letters, 4, 41-44, (2004), 各自的全部内容以引用方式结合于本文。还参见 Coe-Sullivan 等于 2005 年 10 月 21 日提交的题目为"Method And System For Transferring A Patterned Material"的美国专利申请号 11/253,612 以及 Coe-Sullivan 于 2005 年 10 月 21 日提交的题目为"Light Emitting Device Including Semiconductor Nanocrystals(包括半导体器件纳米晶体的发光器件)"的美国专利申请号 11/253,595,各自的全部内容以引用方式结合于本文。

[0498] 此技术可以用于沉积不同厚度的包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料。在某些实施方式中,选择厚度以实现所期望的吸收%。最优选地,量子约束半导体纳米颗粒并不吸收任何、或仅吸收微不足道的再发射光子。

[0499] 在某些实施方式中,用于将材料(例如,光学材料)施加于基质(例如,支撑元件)的预定区域上的方法可以是所期望的。预定区域是基质上的一个区域,其中选择性地施加材料。

[0500] 在其中光学元件包括一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒以补偿光源的一种以上的光谱亏量的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以可选地包括在一种或多种不同光学材料中。在其中光学元件包括一种或多种不同类型的量子约束半导体纳米颗粒以补偿光源的一个以上的光谱亏量的某些实施方式中,不同类型的量子约束半导体纳米颗粒可以可选地包括在两种或两种以上不同光学材料中,并且不同光学

材料的每一个可以被施加于基质的不同区域和 / 或作为基质上的单独层。可以选择材料和基质,以致材料仍然基本上完全在预定面积内。通过选择形成图案的预定区域,可以将材料施加于基质,以致材料形成图案。图案可以是规则图案(如阵列、或一系列线条)、或不规则图案。在材料的图案形成在基质上以后,基质可以具有包括材料的区域(预定区域)和基本上没有材料的区域。在一些情况下,材料形成在基质上的单层。预定区域可以是不连续的区域。换句话说,当将材料施加于基质的预定区域时,可以通过基本上没有材料的其他位置来分开包括材料的位置。

[0501] 可替换地,可以通过基于溶液的处理技术、相分离、旋转铸造、喷墨打印、丝网印刷、和可用于在基质上形成图案的其他液体薄膜技术,来沉积包含量子约束半导体纳米颗粒的光学材料。

[0502] 可替换地,可以将量子约束半导体纳米颗粒分散于透光基质材料(例如,聚合物、树脂、石英玻璃、或硅胶等,其对于由量子约束半导体纳米颗粒发射的光是优选至少部分地透光的,并且更优选透明的,以及其中可以分散量子约束半导体纳米颗粒),通过任何以上所列或其他已知技术,其被沉积为全部或部分层或具有图案化安排。适宜材料包括许多价格低廉和常用的材料,如聚苯乙烯、环氧树脂、聚酰亚胺、和石英玻璃。在施加于表面以后,上述材料可以包含量子约束半导体纳米颗粒的分散体,其中纳米颗粒具有所选尺寸以产生给定颜色的光。还设想,设置在材料中的量子约束半导体纳米颗粒的其他构造,如,例如,在基质(具有聚合物外敷层)上的二维层。

[0503] 可用于本发明的其他信息描述于 2008 年 5 月 6 日提交的美国申请号 61/050,929、2009 年 3 月 21 日提交的美国申请号 61/162,293、2009 年 4 月 28 日提交的美国申请号 61/173,375、2009 年 5 月 4 日提交的美国申请号 61/175,430、2009 年 5 月 6 日提交的国际申请号 PCT/US2009/02789、2009 年 5 月 6 日提交的国际申请号 PCT/US2009/002796、Breen 等于 2007 年 9 月 12 日提交的题目为“Functionalized Semiconductor Nanocrystals And Method(官能化半导体纳米晶体和方法)”的美国申请号 60/971,887、Clough 等于 2006 年 11 月 21 日提交的题目为“Nanocrystals Including A Group IIIA Element And A Group VA Element, Method, Composition, Device and Other Products(包括 IIIA 族元素和 VA 族元素的纳米晶体、方法、组合物、器件和其他产品)”的美国申请号 60/866,822,各自的全部内容以引用方式结合于本文。

[0504] 如在本文中所使用的,“顶部”、“底部”、“以上”、和“之下”是相对位置术语,其基于离参照点的位置。更具体而言,“顶部”是指离参照点最远,而“底部”则是最接近参照点。在例如层被描述为设置或沉积在元件或基质“以上”的情况下,在层和元件或基质之间可以存在其他层、材料、或其他元件,或层可以接触基质或元件。如在本文中所使用的,“覆盖”也是相对位置术语,其基于离参照点的位置。例如,在第一材料被描述为覆盖第二材料的情况下,第一材料被设置在第二材料之上,但不一定接触第二材料。

[0505] 如在本文中所使用的,除非上下文另有明确规定,单数形式“一个”、“一种”和“该”包括复数形式。因此,例如,提及发光材料则包括提及一种或多种这样的材料。

[0506] 本发明的申请人特别结合在本说明书中所有引用的参考文献的全部内容。另外,当量、浓度、或其他值或参数表示为范围、优选范围、或一系列优选的上限值和优选的下限值时,应当理解为具体披露了形成自任何范围上限或优选值和任何范围下限或优选值的任何

对的所有范围,而不管是否分开披露范围。在本文中列举数值范围的情况下,除非另有说明,范围用来包括其端点、以及在范围内的所有整数和分数。当限定范围时,并不是意在将本发明的范围限于列举的特定值。

[0507] 对于本领域技术人员来说,对于本说明书和本文披露的本发明的实施,本发明的其他实施方式将是显而易见的。应当明了,本说明书和实施例仅是说明性的,而本发明的真正范围和精神则由以下权利要求和其等同替代来限定。

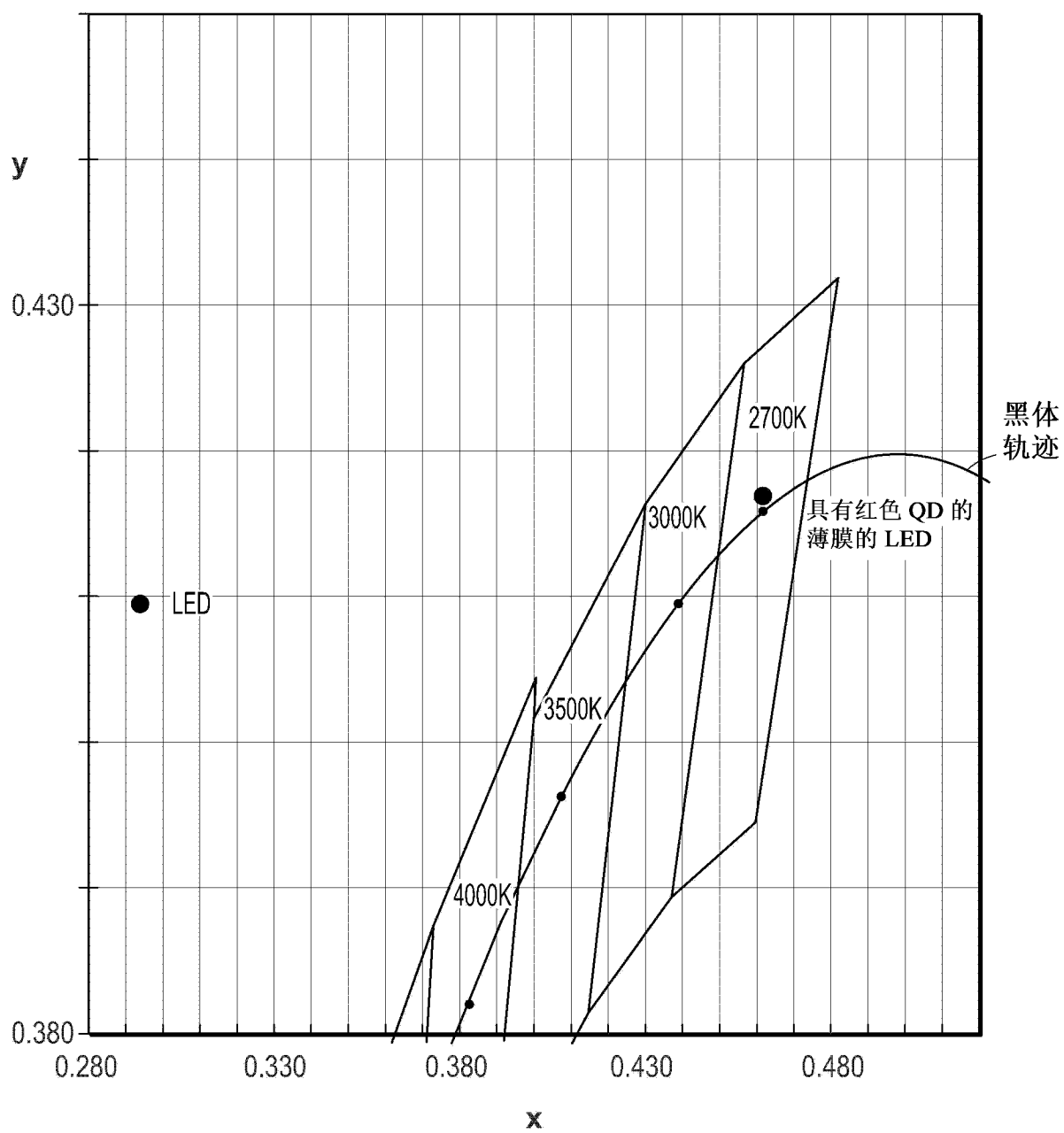


图 1

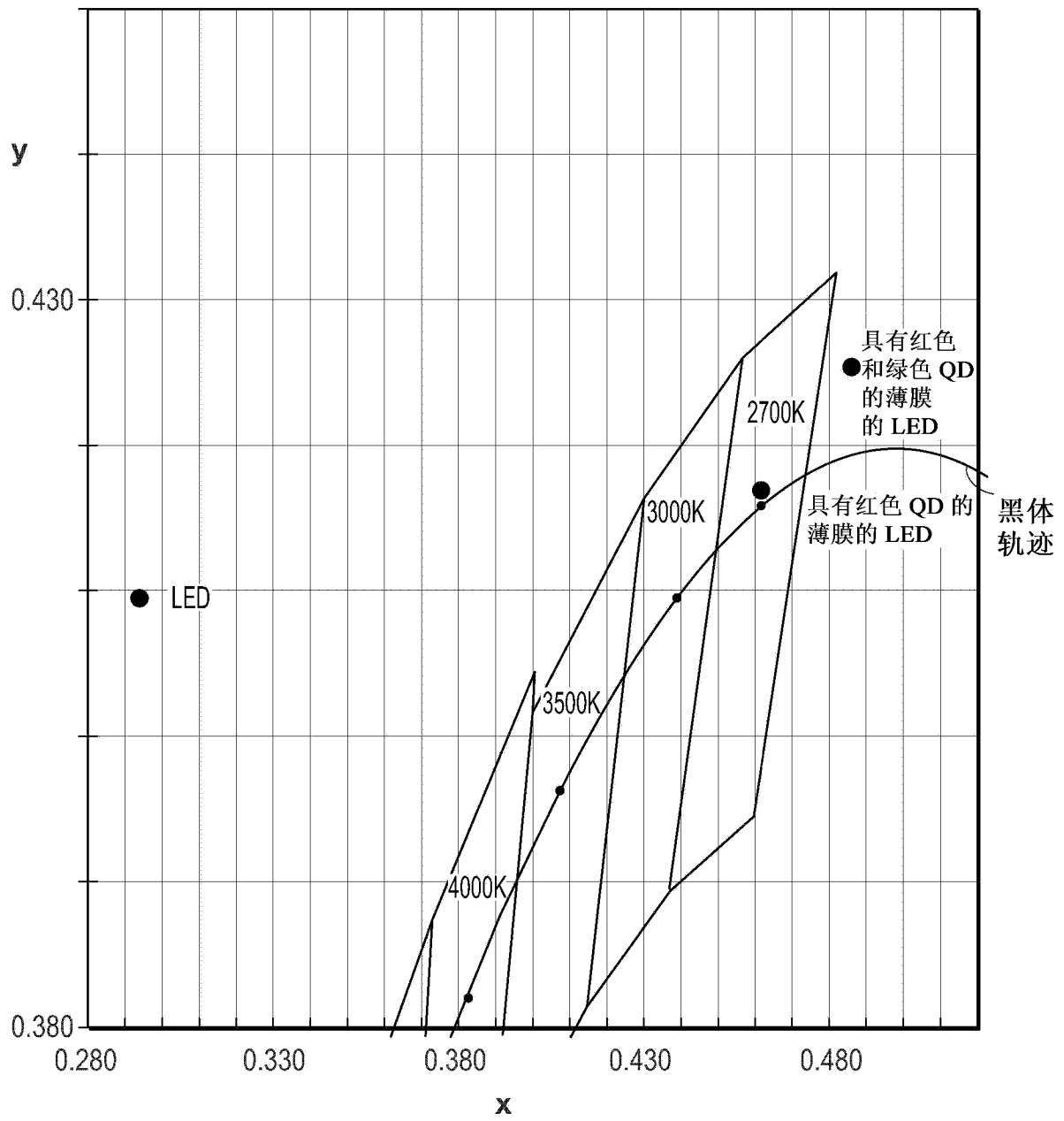


图 2

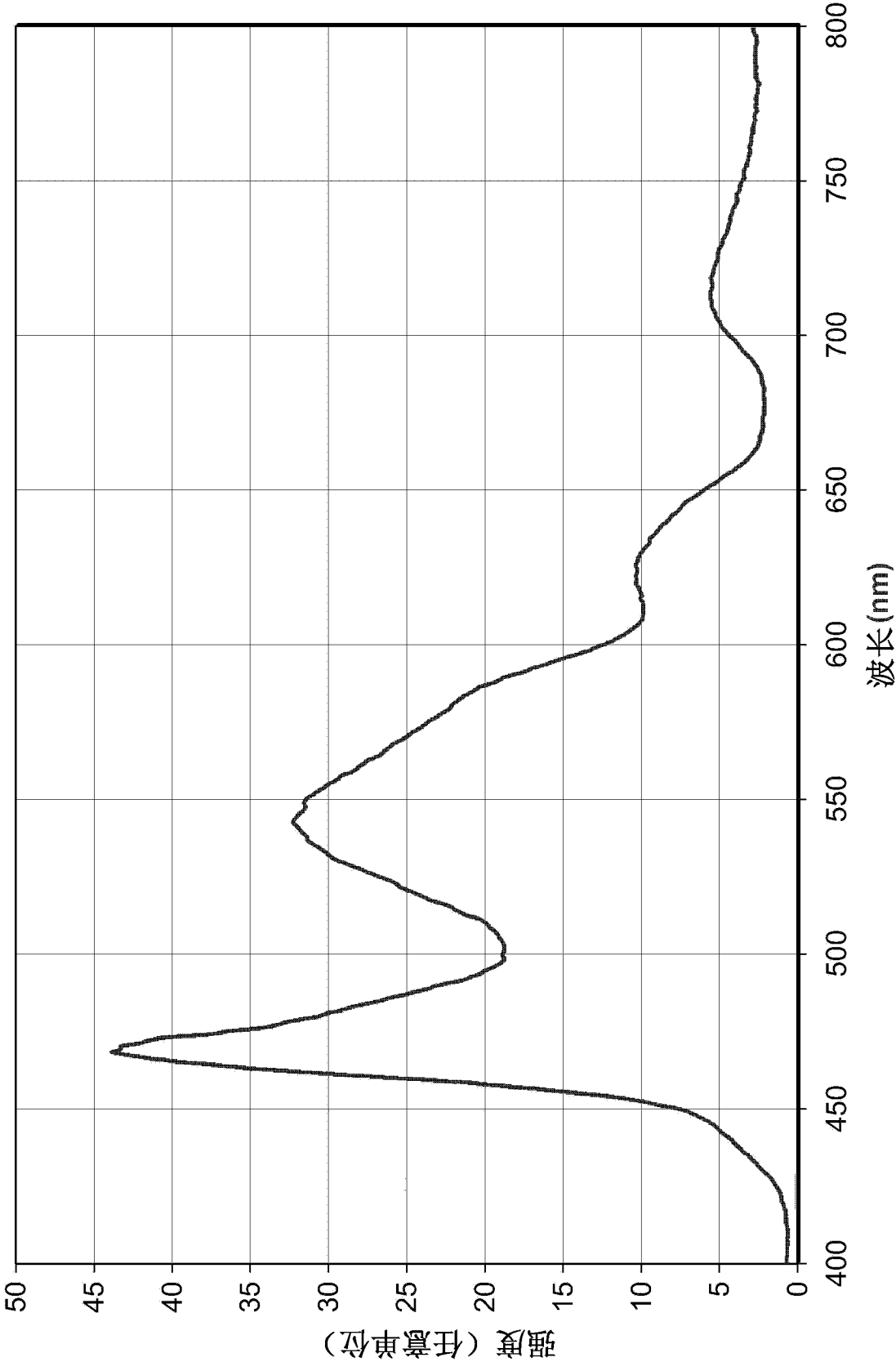


图 3

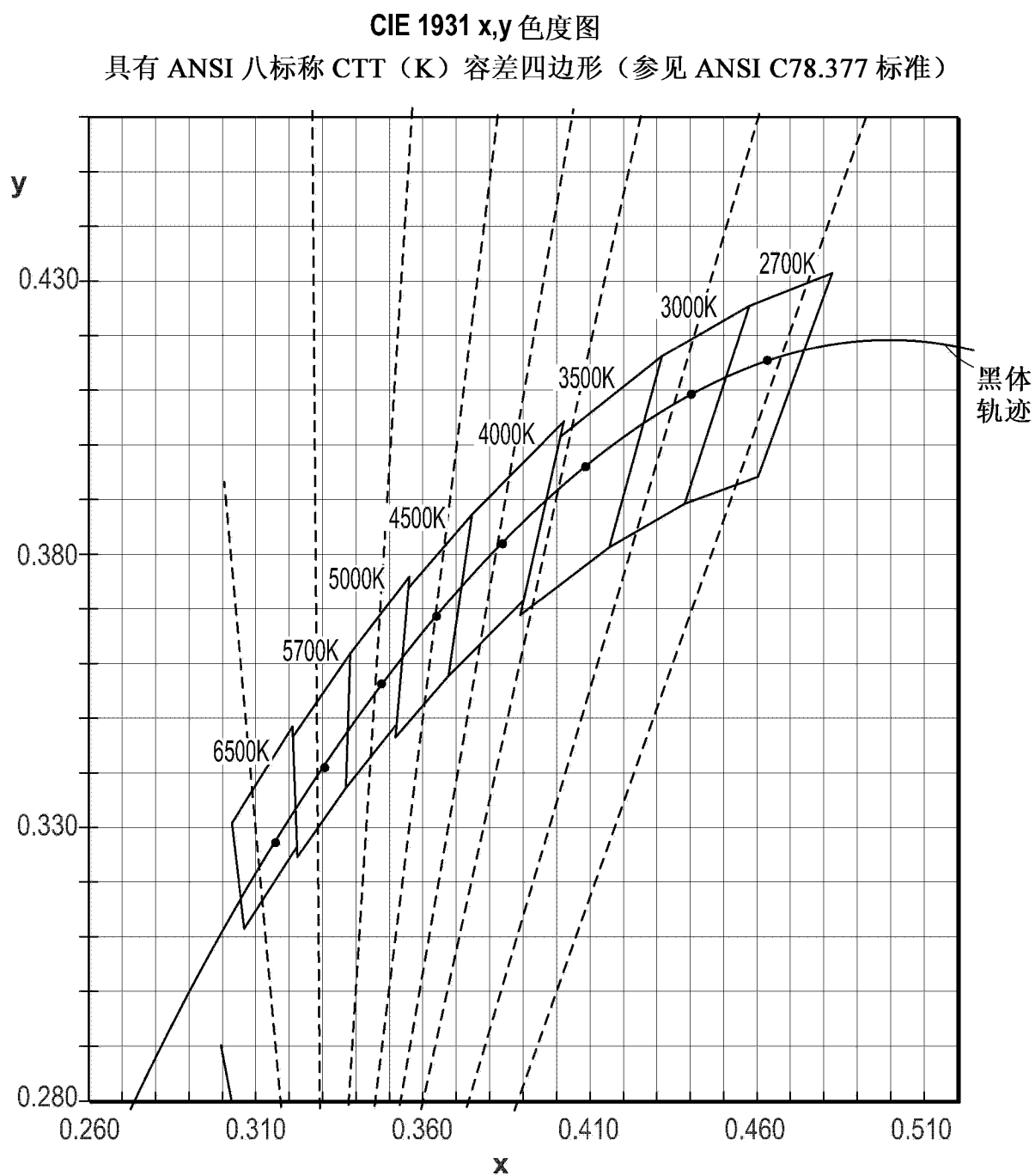


图 4