



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108137565 B

(45) 授权公告日 2022.03.08

(21) 申请号 201680061311.6

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

(22) 申请日 2016.10.11

司 31100

(65) 同一申请的已公布的文献号

代理人 刘多益

申请公布号 CN 108137565 A

(51) Int.CI.

(43) 申请公布日 2018.06.08

C07D 409/10 (2006.01)

(30) 优先权数据

C07D 403/10 (2006.01)

2015-209351 2015.10.23 JP

C09K 11/06 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H01L 51/50 (2006.01)

2018.04.19

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

US 2011/0210316 A1, 2011.09.01

PCT/IB2016/056067 2016.10.11

US 2011/0210316 A1, 2011.09.01

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2013/0060033 A1, 2013.03.07

W02017/068457 EN 2017.04.27

WO 2015/029807 A1, 2015.03.05

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

WO 2015/029807 A1, 2015.03.05

地址 日本神奈川县

US 2006/0078757 A1, 2006.04.13

(72) 发明人 川上祥子 石黑佳美 高桥辰义

WO 2006/088728 A2, 2006.08.24

滨田孝夫

JP 特开2015-227328 A, 2015.12.17

(54) 发明名称

JP 特开2016-032108 A, 2016.03.07

杂环化合物、发光元件、发光装置、电子设备、及照明装置

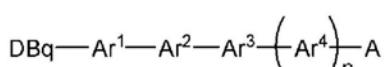
WO 2015/029796 A1, 2015.03.05

(57) 摘要

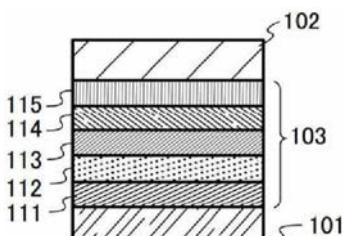
WO 2010/027004 A1, 2010.03.11

本发明提供一种新颖杂环化合物。尤其是，本发明提供一种可以提高发光元件的元件特性的新颖杂环化合物。本发明提供一种发光效率及耐热性高的发光元件。本发明是一种以通式(G1)表示杂环化合物。A表示二苯并噻吩基、二苯并呋喃基和咔唑基中的任一个。DBq表示二苯并[f,h]喹喔啉基。另外，n为0或1。Ar₁至Ar₄分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。Ar₁至Ar₄中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在Ar₁至Ar₄中的相邻的亚芳基形成芴骨架的情况下，上述芴骨架也可以具有取代基。

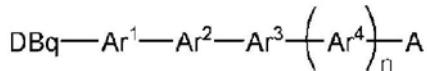
CN 108137565 B



(G1)



1. 一种以通式 (G1) 表示的杂环化合物：



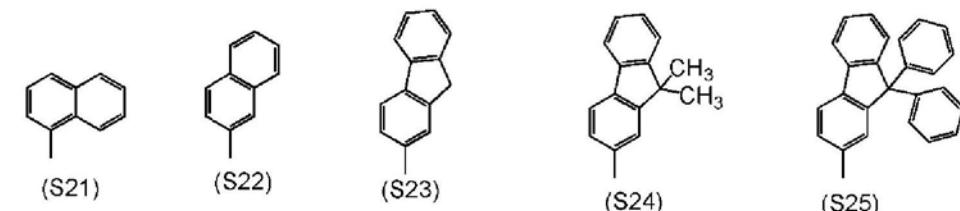
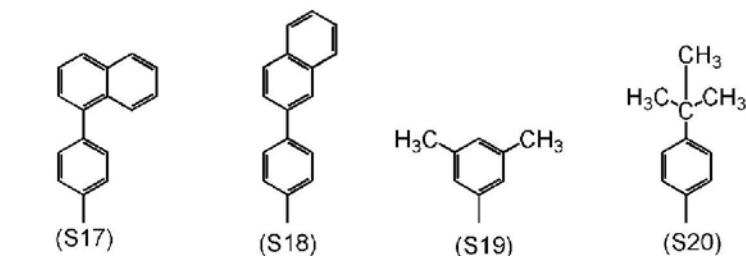
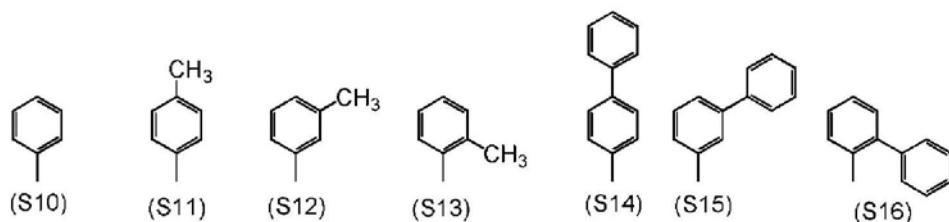
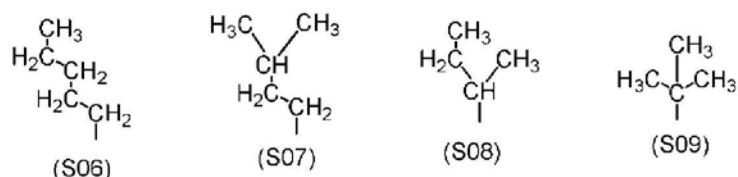
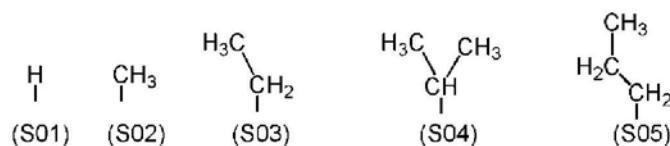
(G1) ,

其中，A表示取代或未取代的二苯并噻吩基，

DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基，

所述取代的二苯并噻吩基和所述取代的二苯并[f,h]喹喔啉基的取代基均为氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，

所述碳原子数为6至13的取代的芳基的取代基为式 (S01) 至式 (S25) 中的任一个：



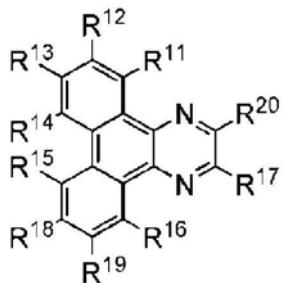
n为0，

Ar¹至Ar⁴分别独立地表示苯环，

Ar¹至Ar³中的一个为间亚苯基，

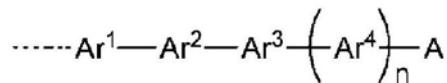
并且，Ar¹至Ar³中的其余两个为对亚苯基。

2. 根据权利要求1所述的杂环化合物，
其中以通式(G2-1)表示所述杂环化合物：



(G2-1)，

R¹⁸至R²⁰中的任一个表示以通式(G2-2)表示的取代基：

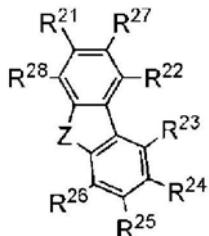


(G2-2)，

并且R¹⁸至R²⁰中的其他两个、R¹¹至R¹⁷分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

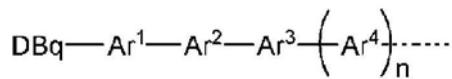
3. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G3-1)表示所述杂环化合物：



(G3-1)，

R²⁷和R²⁸中的任一个表示以通式(G3-2)表示的取代基：



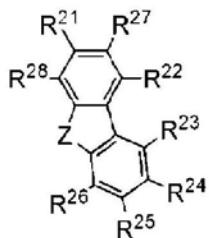
(G3-2)，

R²⁷和R²⁸中的另一个、R²¹至R²⁶分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述，

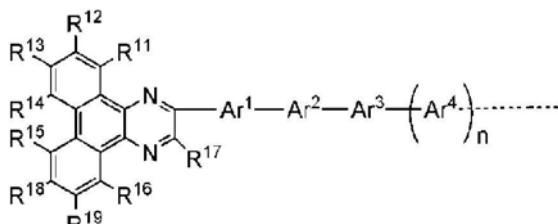
并且Z表示硫。

4. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G5-1)表示所述杂环化合物：



R²⁷和R²⁸中的任一个表示以通式(G5-2)表示的取代基:



R²⁷和R²⁸中的另一个、R²¹至R²⁶分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，

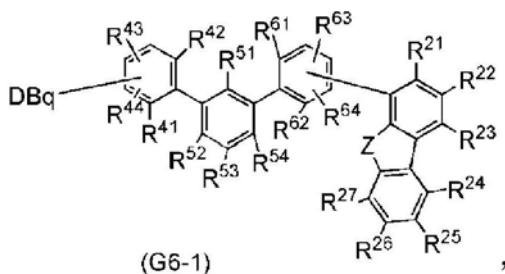
Z表示硫，

R¹¹至R¹⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，

并且所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

5. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G6-1)表示所述杂环化合物:



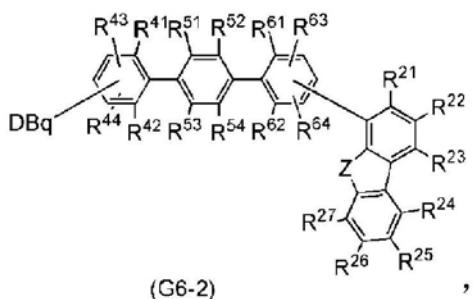
Z表示硫，

R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，

并且R²¹至R²⁷分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

6. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G6-2)表示所述杂环化合物:

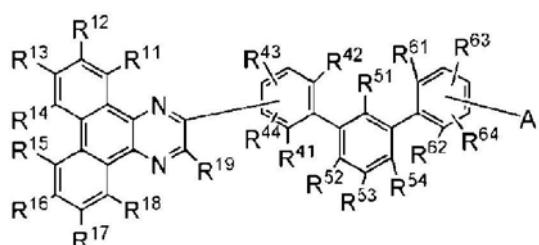


Z表示硫，

R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，
并且R²¹至R²⁷分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

7. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G7-1)表示所述杂环化合物：

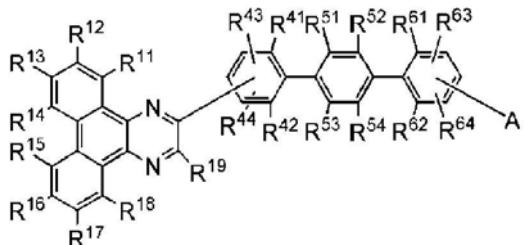


(G7-1)，

R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，
并且R¹¹至R¹⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

8. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G7-2)表示所述杂环化合物：

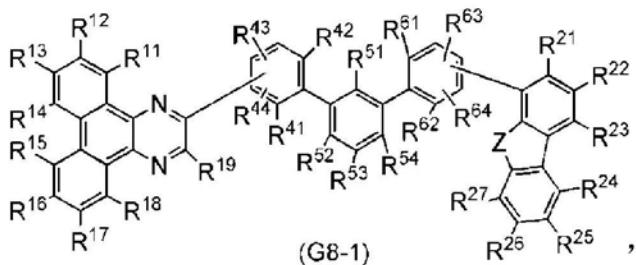


(G7-2)，

R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，
并且R¹¹至R¹⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

9. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G8-1)表示所述杂环化合物：

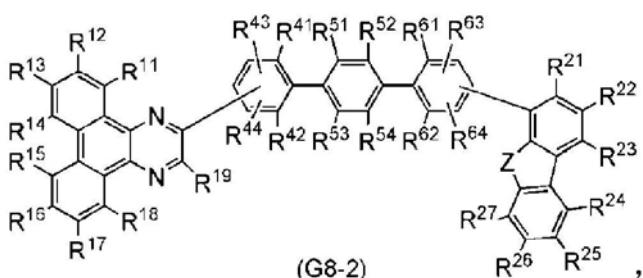


Z表示硫，

R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，
并且R¹¹至R¹⁹、和R²¹至R²⁷分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

10. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G8-2)表示所述杂环化合物：

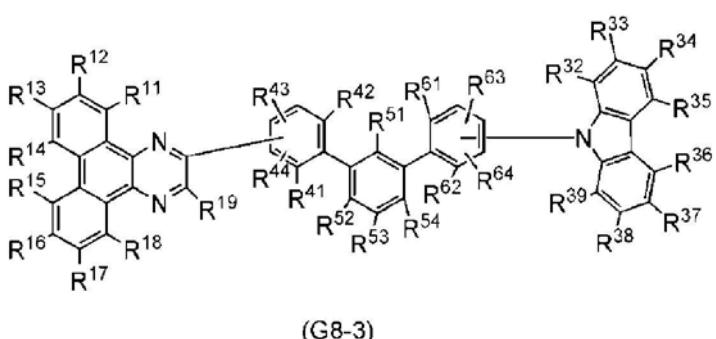


Z表示硫，

R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，
并且R¹¹至R¹⁹、和R²¹至R²⁷分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

11. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

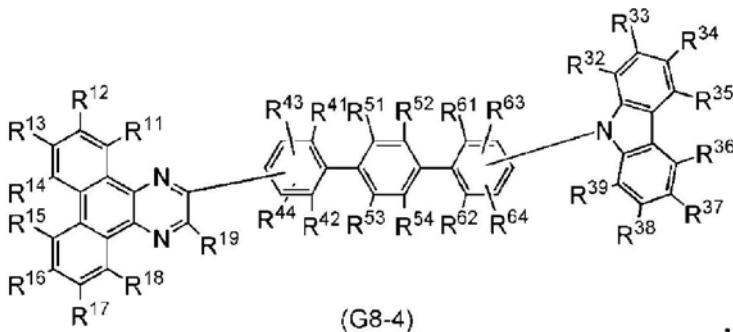
其中以通式(G8-3)表示所述杂环化合物：



R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，
并且R¹¹至R¹⁹、和R³²至R³⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

12. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

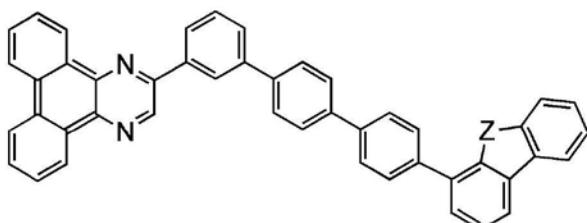
其中以通式(G8-4)表示所述杂环化合物：



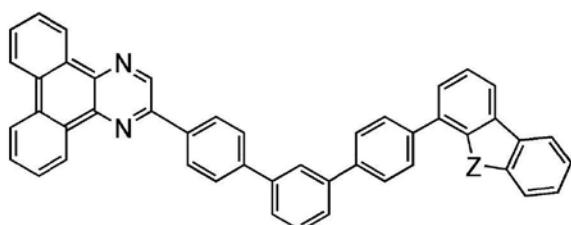
R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，
并且R¹¹至R¹⁹、和R³²至R³⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，所述取代的芳基的取代基如权利要求1所述。

13. 根据权利要求1所述的杂环化合物，

其中以通式(G9-3)或通式(G9-4)表示所述杂环化合物：



(G9-3)

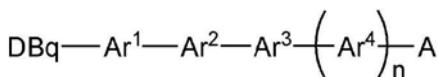


(G9-4)

并且Z表示硫。

14. 一种包含二苯并[f,h]喹喔啉环和空穴传输骨架通过亚三联苯基键合的化合物的发光元件，

其中以通式(G1)表示所述化合物：



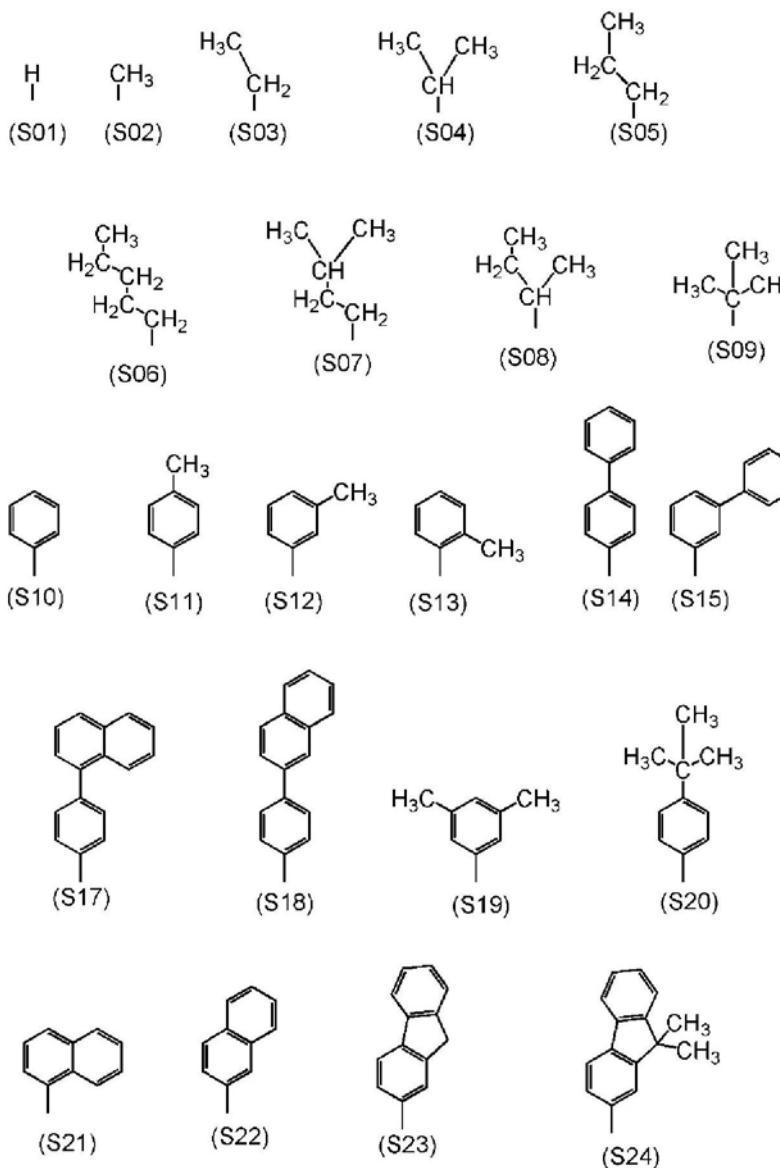
(G1) ,

A表示取代或未取代的二苯并噻吩基，

DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基，

所述取代的二苯并噻吩基和所述取代的二苯并[f,h]喹喔啉基的取代基均为氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，

所述碳原子数为6至13的取代的芳基的取代基为式(S01)至式(S25)中的任一个：



n为0，

Ar¹至Ar⁴分别独立地表示间亚苯基或对亚苯基，

Ar¹至Ar³中的一个表示间亚苯基，

并且，Ar¹至Ar³中的其余两个表示对亚苯基。

15.一种发光装置，包括：

发光部；以及

衬底，

其中，所述发光部包括权利要求14所述的发光元件。

16.一种电子设备，包括：

显示部；以及

天线、电池、框体、扬声器、麦克风或操作键，

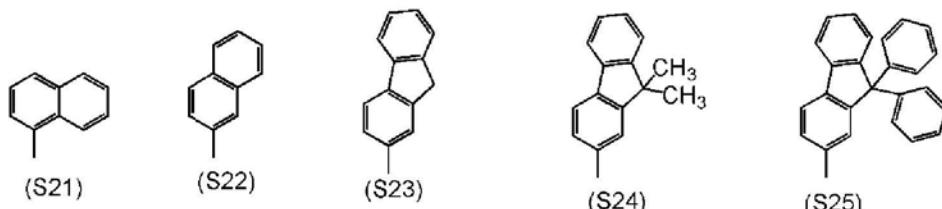
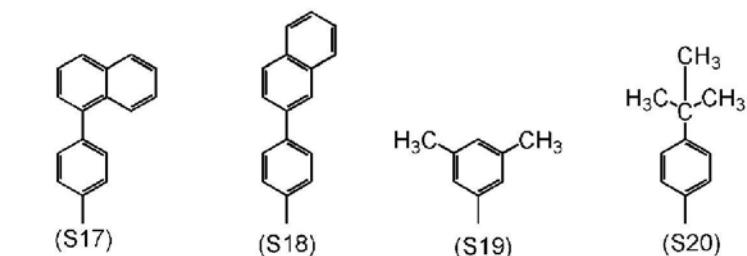
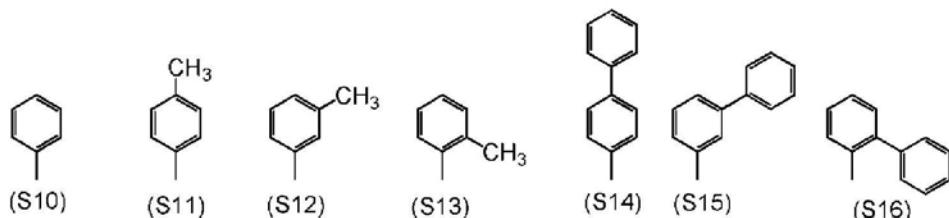
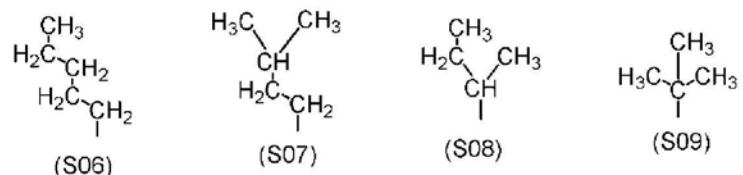
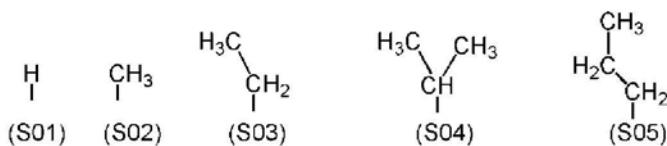
其中，所述显示部包括权利要求15所述的发光装置。

17.一种照明装置，包括：

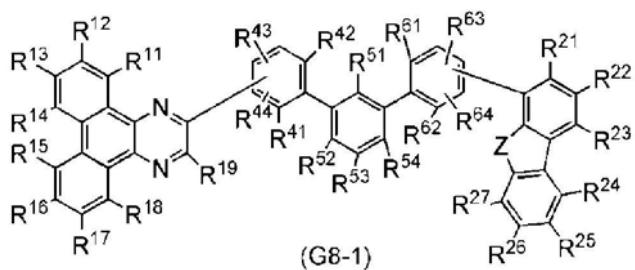
权利要求15所述的发光装置；以及

框体、连接端子或保护罩。

18. 根据权利要求9所述的杂环化合物，其中R¹¹至R¹⁹、R²¹至R²⁷分别独立地由式(S01)至式(S25)中的任一个表示：



19. 一种以通式(G8-1)表示的杂环化合物：



Z表示硫，

所述杂环化合物是取代或未取代的2-[4"- (二苯并噻吩-4-基)-4,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉，

R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、和R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢，

并且R¹¹至R¹⁹、和R²¹至R²⁷分别独立地表示氢或碳原子数为1至4的烷基。

20.一种发光装置,包括:

发光部;以及

衬底,

其中,所述发光部包括包含权利要求19所述的杂环化合物的发光元件。

21.一种电子设备,包括:

显示部;以及

天线、电池、框体、扬声器、麦克风或操作键,

其中,所述显示部包括权利要求20所述的发光装置。

22.一种照明装置,包括:

权利要求20所述的发光装置;以及

框体、连接端子或保护罩。

杂环化合物、发光元件、发光装置、电子设备、及照明装置

技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种物体、方法及制造方法。另外，本发明涉及一种工序 (process)、机器 (machine)、产品 (manufacture) 或组合物 (composition of matter)。尤其是，本发明的一个方式涉及一种半导体装置、发光装置、显示装置、照明装置、发光元件或者它们的制造方法。此外，本发明的一个方式涉及一种杂环化合物及该杂环化合物的新颖的合成方法。此外，本发明的一个方式涉及一种使用上述杂环化合物的发光元件、发光装置、电子设备及照明装置。注意，本发明的一个方式不局限于上述技术领域。

背景技术

[0002] 具有薄型轻量、高速响应性及直流低电压驱动等特征的使用有机化合物作为发光体的发光元件被期待应用于下一代平板显示器。尤其是，将发光元件配置为矩阵状的显示装置被认为与现有的液晶显示装置相比具有视角广且可见度优异的优点。

[0003] 发光元件的发光机理被认为如下：通过在一对电极之间夹着包含发光体的EL层并对该一对电极施加电压，从阴极注入的电子和从阳极注入的空穴在EL层的发光中心再结合而形成分子激子，当该分子激子返回到基态时释放出能量而发光。已知激发态有单重激发态和三重激发态，并且认为无论经过上述任一种激发态都可以实现发光。

[0004] 在这种发光元件中，在EL层中主要使用有机化合物，它对发光元件的元件特性的提高有很大的影响。所以，已对各种各样的新颖的有机化合物进行开发（例如，参照专利文献1）。

[0005] [参考文献]

[0006] [专利文献]

[0007] [专利文献1]日本专利申请公开第2007-189001号公报

发明内容

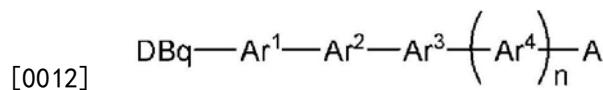
[0008] 在上述专利文献1中报告的具有二苯并[f,h]喹喔啉环的化合物是作为用于发光元件的材料有用的。但是，有具有热稳定性更高的结构的化合物的要求。尤其是，在考虑车载用发光元件、使用该发光元件的发光装置、电子设备、照明装置时，发光元件的耐热温度优选为100℃以上，因此实现耐热性高的发光元件是重要的课题。可以实现的解决方法是增大分子量的化合物的使用，但是仅通过改变取代基等来增大分子量的化合物的折射率也增高。在将该化合物用于发光元件的EL层时，光提取效率降低，这导致发光元件的外部量子效率的降低。另外，在通过增大分子量来增高耐热性时，在通过蒸镀或升华纯化进行沉积时发生热分解，而膜纯度有可能降低。因此，仅通过增大化合物的分子量难以同时实现其稳定性比专利文献1所记载的化合物高的化合物以及包含其特性得到提高的化合物的元件。

[0009] 于是，本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖杂环化合物。尤其是，本发明的一个方式的目的之一是提供一种可以提高发光元件的元件特性的新颖杂环化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率及耐热性高的新颖发光元件。本发明的一个

方式的目的之一是提供一种可用于发光元件的新颖杂环化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种可用于发光元件的EL层的新颖杂环化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖发光装置、新颖电子设备或新颖照明装置。注意，上述目的的描述并不妨碍其他目的的存在。本发明的一个方式并不需要实现所有上述目的。上述目的以外的目的从说明书、附图、权利要求书等的描述中看来是显而易见的，并且可以从该描述中抽取上述目的以外的目的。

[0010] 本发明的一个方式是一种以通式(G1)表示的杂环化合物。

[0011] [化学式1]

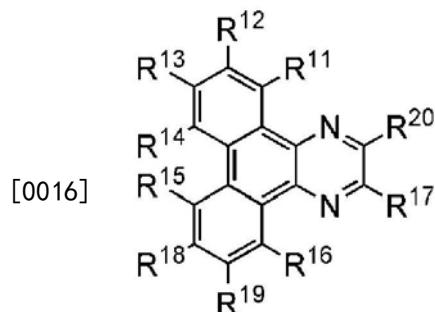


(G1)

[0013] 在通式中，A表示取代或未取代的二苯并噻吩基、取代或未取代的二苯并呋喃基和取代或未取代的咔唑基中的任一个。DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。另外，n为0或1。Ar¹至Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下，上述芳骨架也可以具有取代基。

[0014] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G2-1)表示的杂环化合物。

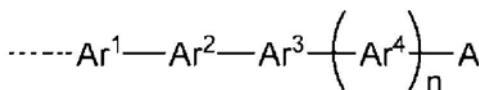
[0015] [化学式2]



(G2-1)

[0017] 在通式中，R¹⁸至R²⁰中的任一个表示以通式(G2-2)表示的取代基。R¹⁸至R²⁰中的其他两个、R¹¹至R¹⁷分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0018] [化学式3]

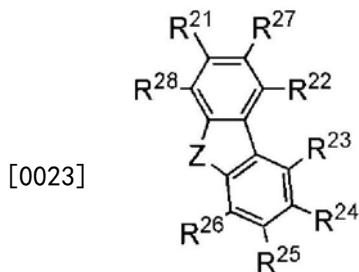


(G2-2)

[0020] 在通式中，A表示取代或未取代的二苯并噻吩基、取代或未取代的二苯并呋喃基和取代或未取代的咔唑基中的任一个。另外，n为0或1。Ar¹至Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下，上述芳骨架也可以具有取代基。

[0021] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G3-1)表示的杂环化合物。

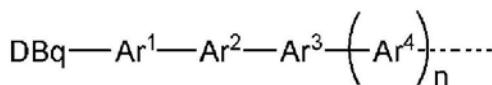
[0022] [化学式4]



(G3-1)

[0024] 在通式中, R²⁷和R²⁸中的任一个表示以通式(G3-2)表示的取代基。R²⁷和R²⁸中的另一个、R²¹至R²⁶分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Z表示氧、硫或氮。在Z表示氮的情况下,取代基可以键合于Z位或不键合于Z位。

[0025] [化学式5]



[0026]

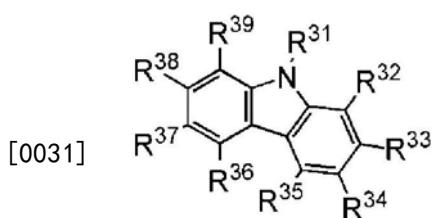
(G3-2)

[0027] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。另外,n为0或1。Ar¹至Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下,上述芳骨架也可以具有取代基。

[0028] 在本说明书中,关于以通式(G3-1)表示的骨架,在Z表示氧的情况下将该骨架称为二苯并呋喃骨架或二苯并呋喃基,在Z表示硫的情况下将该骨架称为二苯并噻吩骨架或二苯并噻吩基,并且在Z表示氮的情况下将该骨架称为咔唑骨架或咔唑基。

[0029] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G4-1)表示的杂环化合物。

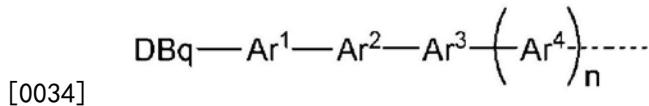
[0030] [化学式6]



(G4-1)

[0032] 在通式中, R³¹、R³³和R³⁴中的任一个表示以通式(G4-2)表示的取代基。R³¹、R³³和R³⁴中的以通式(G4-2)表示的取代基没有键合的其他两个、R³²、R³⁵至R³⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0033] [化学式7]

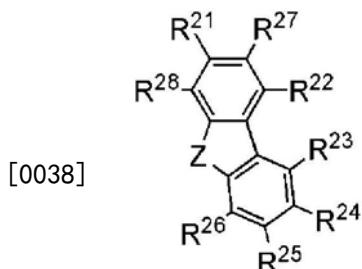


(G4-2)

[0035] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。另外,n为0或1。 Ar^1 至 Ar^4 分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。 Ar^1 至 Ar^4 中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环,在 Ar^1 至 Ar^4 中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下,上述芳骨架也可以具有取代基。

[0036] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G5-1)表示的杂环化合物。

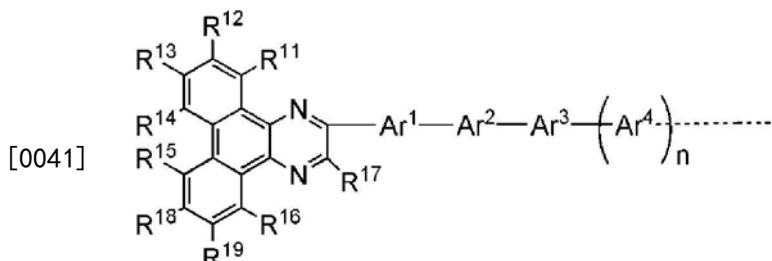
[0037] [化学式8]



(G5-1)

[0039] 在通式中, R^{27} 和 R^{28} 中的任一个表示以通式(G5-2)表示的取代基。 R^{27} 和 R^{28} 中的另一个、 R^{21} 至 R^{26} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Z表示氧、硫或氮,在Z表示氮的情况下,取代基可以键合于Z位或不键合于Z位。

[0040] [化学式9]

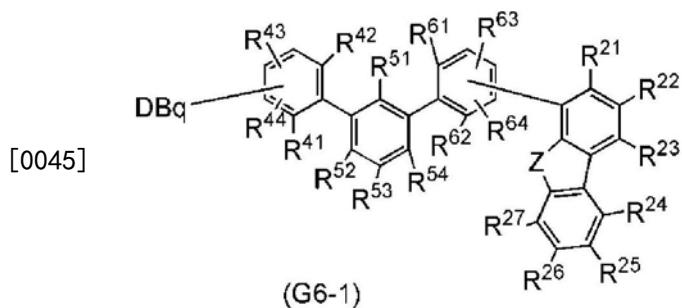


(G5-2)

[0042] 在通式中, R^{11} 至 R^{19} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。另外,n为0或1。 Ar^1 、 Ar^2 、 Ar^3 及 Ar^4 分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。 Ar^1 至 Ar^4 中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在 Ar^1 至 Ar^4 中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下,上述芳骨架也可以具有取代基。

[0043] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-1)表示的杂环化合物。

[0044] [化学式10]



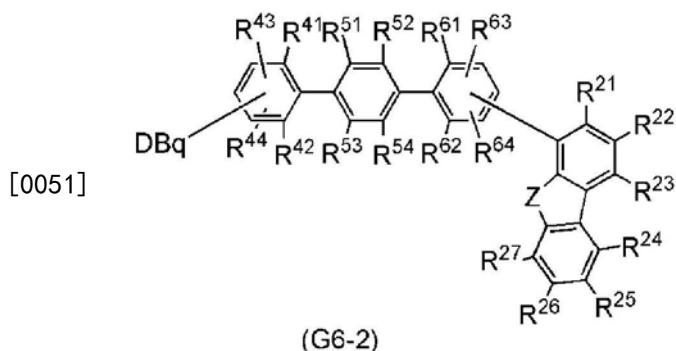
[0046] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。Z表示氧或硫。R²¹至R²⁷、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0047] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G6-1)表示的杂环化合物。

[0048] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且二苯并噻吩基或二苯并呋喃基的取代位置为对位的以通式(G6-1)表示的杂环化合物。

[0049] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-2)表示的杂环化合物。

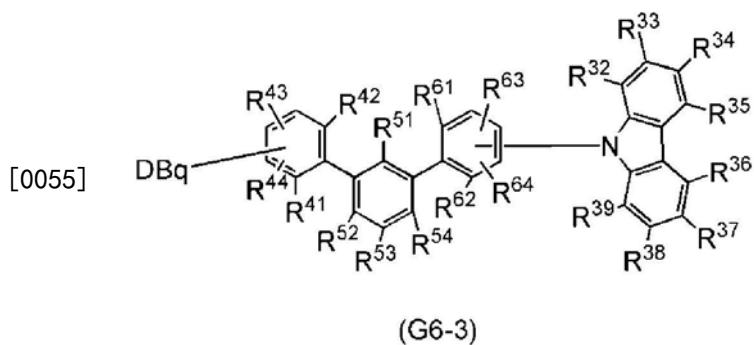
[0050] [化学式11]



[0052] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。Z表示氧或硫。R²¹至R²⁷、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0053] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-3)表示的杂环化合物。

[0054] [化学式12]



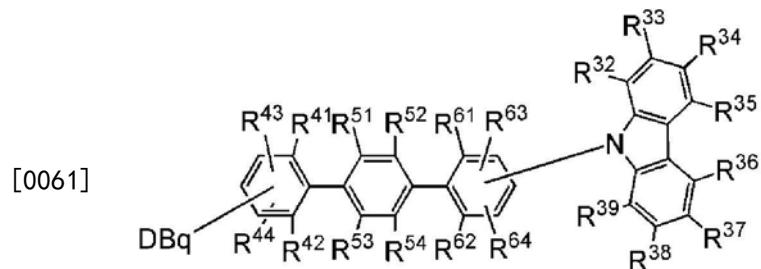
[0056] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³²至R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0057] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G6-3)表示的杂环化合物。

[0058] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G6-3)表示的杂环化合物。

[0059] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-4)表示的杂环化合物。

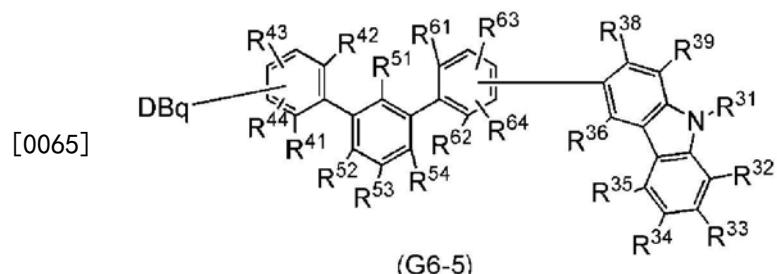
[0060] [化学式13]



[0062] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³²至R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0063] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-5)表示的杂环化合物。

[0064] [化学式14]



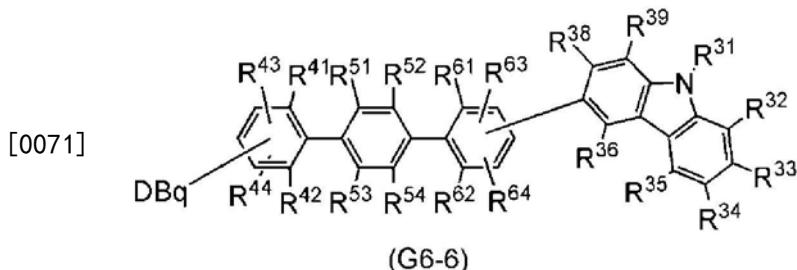
[0066] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³²至R³⁶、R³⁸、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0067] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G6-5)表示的杂环化合物。

[0068] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G6-5)表示的杂环化合物。

[0069] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-6)表示的杂环化合物。

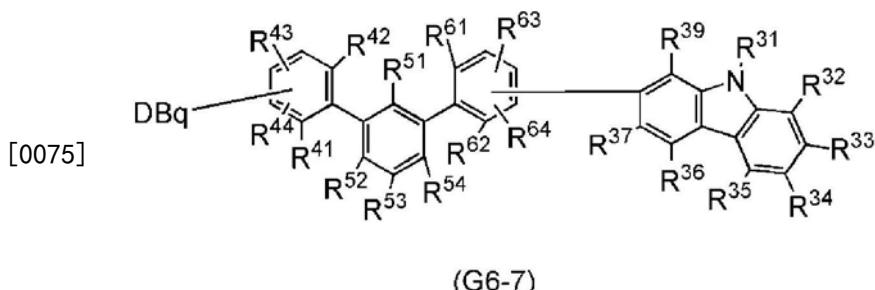
[0070] [化学式15]



[0072] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³²至R³⁶、R³⁸、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0073] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-7)表示的杂环化合物。

[0074] [化学式16]



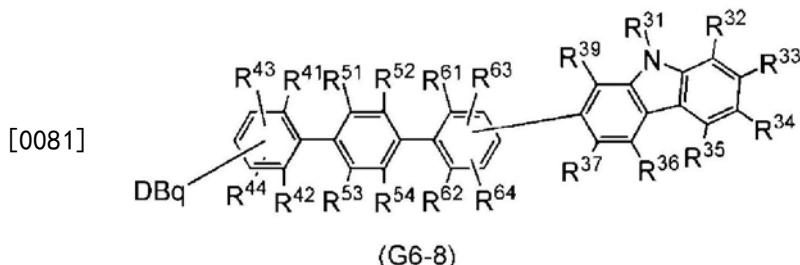
[0076] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³²至R³⁷、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0077] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G6-7)表示的杂环化合物。

[0078] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G6-7)表示的杂环化合物。

[0079] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-8)表示的杂环化合物。

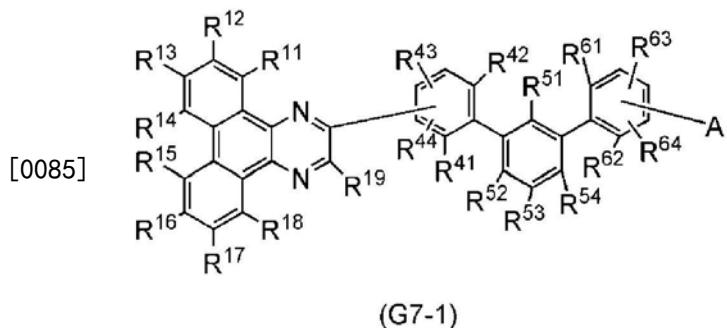
[0080] [化学式17]



[0082] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³²至R³⁷、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0083] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G7-1)表示的杂环化合物。

[0084] [化学式18]



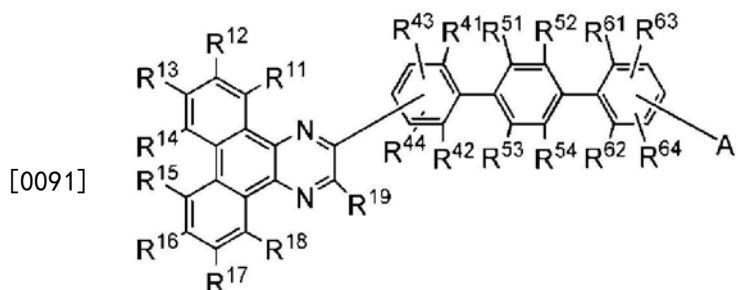
[0086] 在通式中,A表示取代或未取代的二苯并噻吩基、取代或未取代的二苯并呋喃基和取代或未取代的咔唑基中的任一个。R¹¹至R¹⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0087] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G7-1)表示的杂环化合物。

[0088] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且A的取代位置为对位的以通式(G7-1)表示的杂环化合物。

[0089] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G7-2)表示的杂环化合物。

[0090] [化学式19]

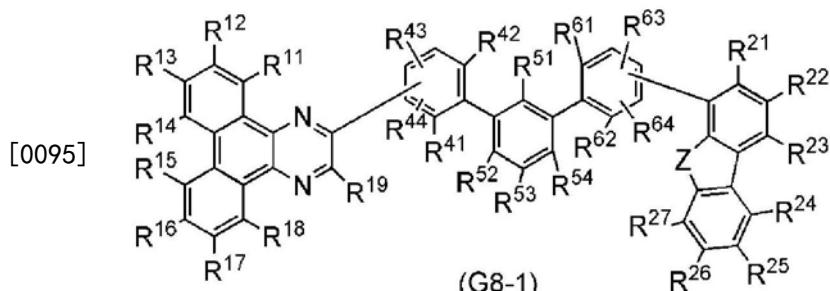


(G7-2)

[0092] 在通式中,A表示取代或未取代的二苯并噻吩基、取代或未取代的二苯并呋喃基和取代或未取代的咔唑基中的任一个。R¹¹至R¹⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0093] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-1)表示的杂环化合物。

[0094] [化学式20]



[0096] 在通式中,Z表示氧或硫。R¹¹至R¹⁹、R²¹至R²⁷、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

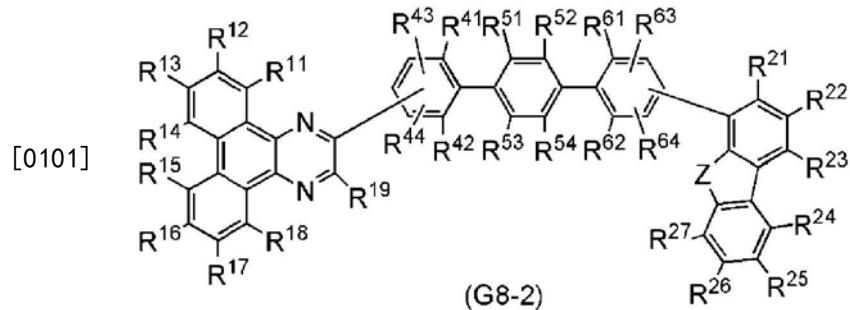
[0097] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G8-1)表示的杂环

化合物。

[0098] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且二苯并噻吩基或二苯并呋喃基的取代位置为对位的以通式(G8-1)表示的杂环化合物。

[0099] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-2)表示的杂环化合物。

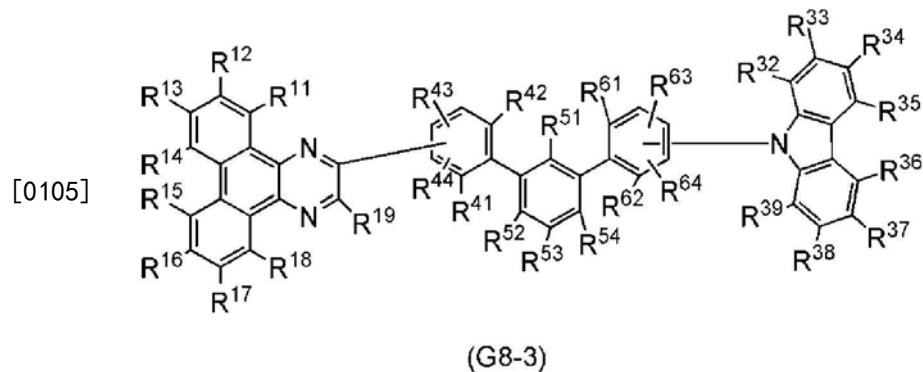
[0100] [化学式21]



[0102] 在通式中,Z表示氧或硫。R¹¹至R¹⁹、R²¹至R²⁷、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0103] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-3)表示的杂环化合物。

[0104] [化学式22]



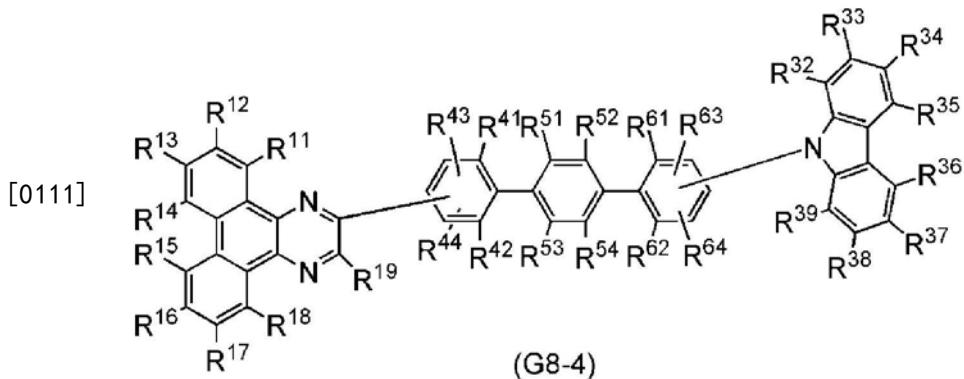
[0106] 在通式中,R¹¹至R¹⁹、R³²至R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0107] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G8-3)表示的杂环化合物。

[0108] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G8-3)表示的杂环化合物。

[0109] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-4)表示的杂环化合物。

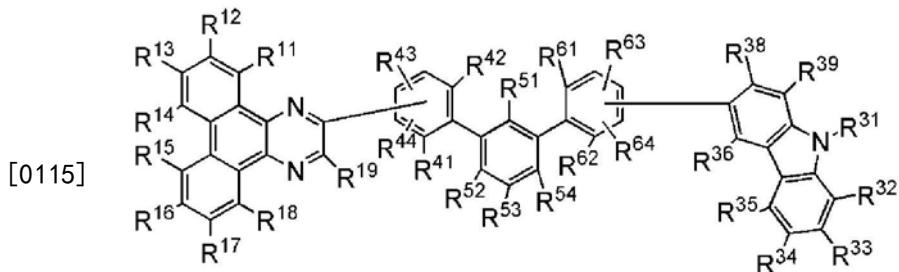
[0110] [化学式23]



[0112] 在通式中, R^{11} 至 R^{19} 、 R^{32} 至 R^{39} 、 R^{41} 至 R^{44} 、 R^{51} 至 R^{54} 、 R^{61} 至 R^{64} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0113] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G8-5) 表示的杂环化合物。

[0114] [化学式24]



(G8-5)

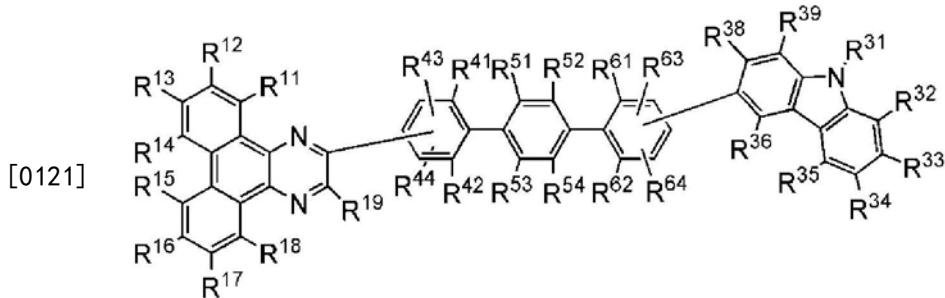
[0116] 在通式中, R^{11} 至 R^{19} 、 R^{32} 至 R^{36} 、 R^{38} 、 R^{39} 、 R^{41} 至 R^{44} 、 R^{51} 至 R^{54} 、 R^{61} 至 R^{64} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。 R^{31} 表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0117] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式 (G8-5) 表示的杂环化合物。

[0118] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式 (G8-5) 表示的杂环化合物。

[0119] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G8-6) 表示的杂环化合物。

[0120] [化学式25]



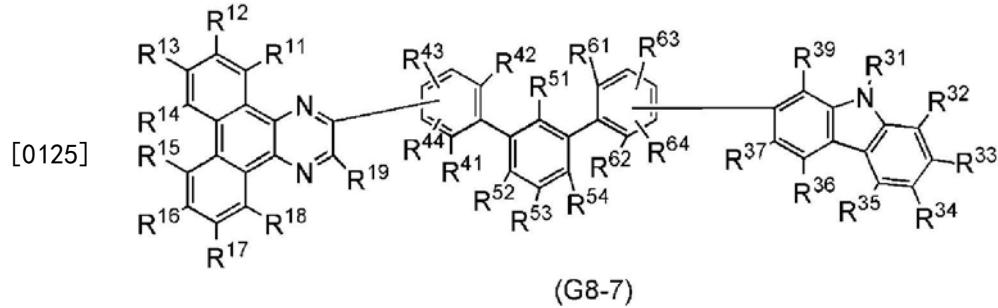
(G8-6)

[0122] 在通式中, R^{11} 至 R^{19} 、 R^{32} 至 R^{36} 、 R^{38} 、 R^{39} 、 R^{41} 至 R^{44} 、 R^{51} 至 R^{54} 、 R^{61} 至 R^{64} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。 R^{31} 表示碳原子数为

1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0123] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-7)表示的杂环化合物。

[0124] [化学式26]



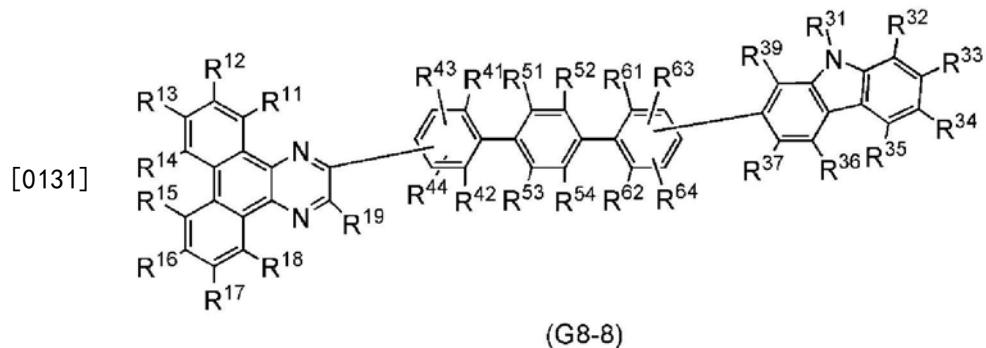
[0126] 在通式中, R¹¹至R¹⁹、R³²至R³⁷、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0127] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G8-7)表示的杂环化合物。

[0128] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G8-7)表示的杂环化合物。

[0129] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-8)表示的杂环化合物。

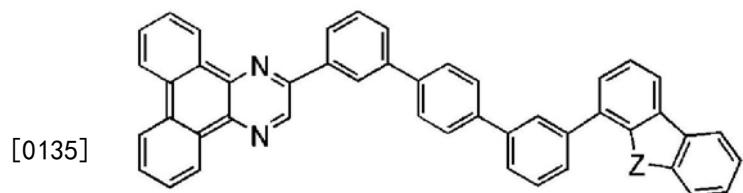
[0130] [化学式27]



[0132] 在通式中, R¹¹至R¹⁹、R³²至R³⁷、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0133] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-1)表示的杂环化合物。

[0134] [化学式28]

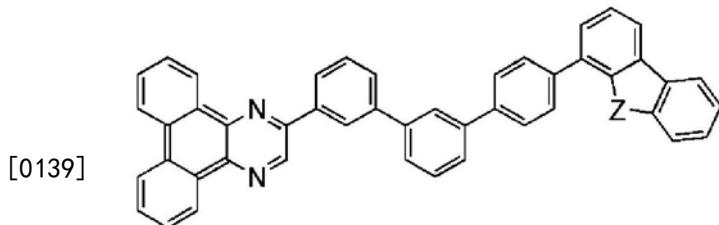


(G9-1)

[0136] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0137] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-2)表示的杂环化合物。

[0138] [化学式29]

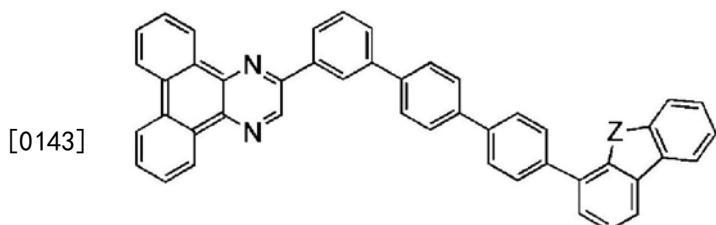


(G9-2)

[0140] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0141] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-3)表示的杂环化合物。

[0142] [化学式30]

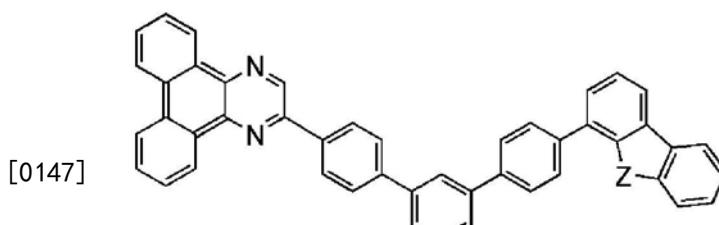


(G9-3)

[0144] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0145] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-4)表示的杂环化合物。

[0146] [化学式31]

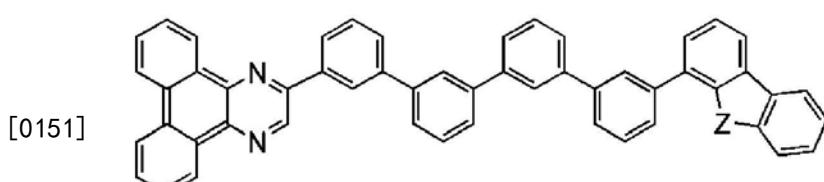


(G9-4)

[0148] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0149] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-5)表示的杂环化合物。

[0150] [化学式32]

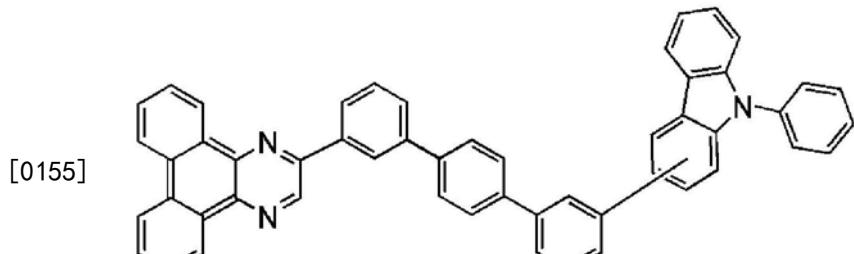


(G9-5)

[0152] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0153] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G10-1)表示的杂环化合物。

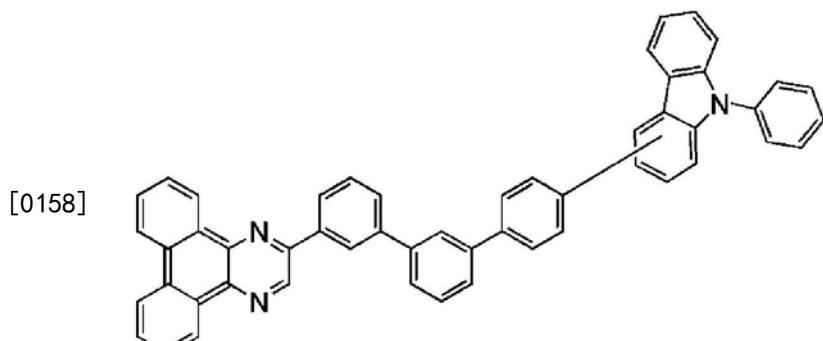
[0154] [化学式33]



(G10-1)

[0156] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G10-2) 表示的杂环化合物。

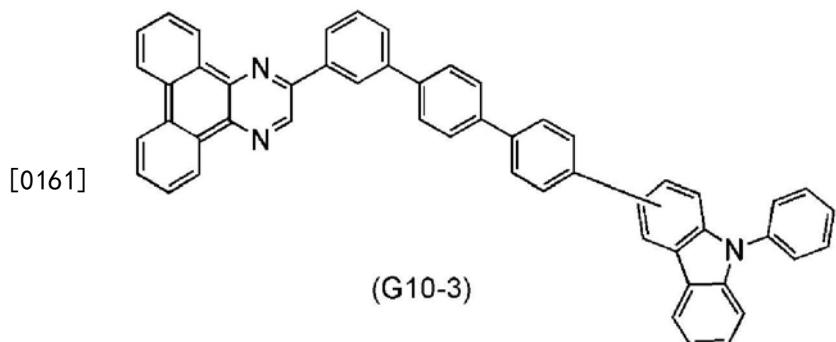
[0157] [化学式34]



(G10-2)

[0159] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G10-3) 表示的杂环化合物。

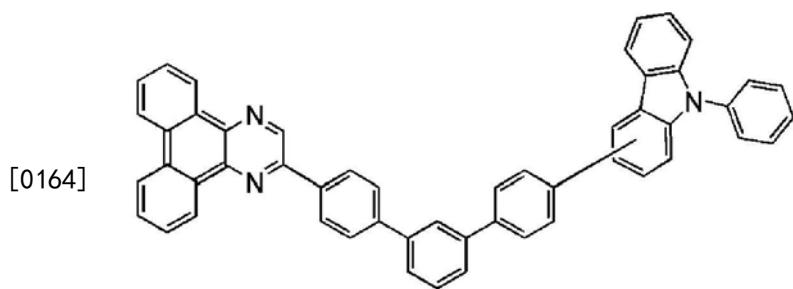
[0160] [化学式35]



(G10-3)

[0162] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G10-4) 表示的杂环化合物。

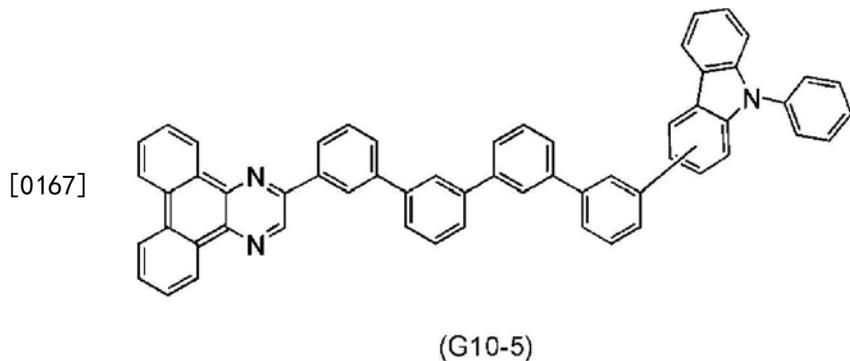
[0163] [化学式36]



(G10-4)

[0165] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G10-5) 表示的杂环化合物。

[0166] [化学式37]



[0168] 本发明的其他一个方式是一种包含二苯并[f,h]喹喔啉环和空穴传输骨架通过亚三联苯基键合的化合物的发光元件。

[0169] 本发明的其他一个方式是一种在发光层中包含发光材料以及二苯并[f,h]喹喔啉环和空穴传输骨架通过亚三联苯基键合的化合物的发光元件。

[0170] 在本发明的其他一个方式的发光元件中,空穴传输骨架也可以包括富π电子型杂芳环。

[0171] 在本发明的其他一个方式的发光元件中,富π电子型杂芳环也可以是咔唑环、二苯并呋喃环或二苯并噻吩环。

[0172] 本发明的其他一个方式是包含本发明的一个方式的杂环化合物以及电极的发光元件。

[0173] 本发明的其他一个方式是在发光层中包含发光物质以及本发明的一个方式的杂环化合物的发光元件。

[0174] 本发明的其他一个方式是包括包含本发明的一个方式的发光元件的发光部以及衬底的发光装置。

[0175] 本发明的其他一个方式是包括包含本发明的一个方式的发光装置的显示部、以及天线、电池、框体、扬声器、麦克风或操作键的电子设备。

[0176] 本发明的其他一个方式是包括本发明的一个方式的发光装置、框体、连接端子或保护罩的照明装置。

[0177] 本发明的一个方式可以提供一种新颖杂环化合物。尤其是,本发明的一个方式可以提供一种可以提高发光元件的元件特性的新颖杂环化合物。本发明的一个方式可以提供一种发光效率及耐热性高的发光元件。本发明的一个方式可以提供一种可用于发光元件的新颖杂环化合物。本发明的一个方式可以提供一种可用于发光元件的EL层的新颖杂环化合物。本发明的一个方式可以提供一种新颖发光元件。本发明的一个方式可以提供一种新颖发光装置、新颖电子设备或新颖照明装置。

[0178] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个方式并不需要具有所有上述效果。从说明书、附图、权利要求书等的记载中可明显得知上述以外的效果,而可以从说明书、附图、权利要求书等的记载中抽取上述以外的效果。

附图说明

[0179] 图1A和图1B是发光元件的示意图;

- [0180] 图2A和图2B是有源矩阵型发光装置的示意图；
- [0181] 图3A和图3B是有源矩阵型发光装置的示意图；
- [0182] 图4是有源矩阵型发光装置的示意图；
- [0183] 图5A和图5B是无源矩阵型发光装置的示意图；
- [0184] 图6A至图6D是示出电子设备的图；
- [0185] 图7是示出光源装置的图；
- [0186] 图8是示出照明装置的图；
- [0187] 图9是示出照明装置及电子设备的图；
- [0188] 图10是示出车载用显示装置及照明装置的图；
- [0189] 图11A和图11B是2mDBtTPDBq-II的NMR谱；
- [0190] 图12是2mDBtTPDBq-II的溶液的吸收光谱；
- [0191] 图13是2mDBtTPDBq-II的溶液的发射光谱；
- [0192] 图14是2mDBtTPDBq-II的薄膜的吸收光谱；
- [0193] 图15是2mDBtTPDBq-II的薄膜的发射光谱；
- [0194] 图16是2mDBtTPDBq-II的磷光光谱；
- [0195] 图17A和图17B是2DBtTPDBq的NMR谱；
- [0196] 图18是2DBtTPDBq的溶液的吸收光谱；
- [0197] 图19是2DBtTPDBq的溶液的发射光谱；
- [0198] 图20是2DBtTPDBq的薄膜的吸收光谱；
- [0199] 图21是2DBtTPDBq的薄膜的发射光谱；
- [0200] 图22是2DBtTPDBq的磷光光谱；
- [0201] 图23A和图23B是2DBtTPDBq-03的NMR谱；
- [0202] 图24是2DBtTPDBq-03的溶液的吸收光谱；
- [0203] 图25是2DBtTPDBq-03的溶液的发射光谱；
- [0204] 图26是2DBtTPDBq-03的薄膜的吸收光谱；
- [0205] 图27是2DBtTPDBq-03的薄膜的发射光谱；
- [0206] 图28是2DBtTPDBq-03的磷光光谱；
- [0207] 图29A和图29B是2DBtTPDBq-02的NMR谱；
- [0208] 图30是2DBtTPDBq-02的溶液的吸收光谱；
- [0209] 图31是2DBtTPDBq-02的溶液的发射光谱；
- [0210] 图32是2DBtTPDBq-02的薄膜的吸收光谱；
- [0211] 图33是2DBtTPDBq-02的薄膜的发射光谱；
- [0212] 图34是2DBtTPDBq-02的磷光光谱；
- [0213] 图35A和图35B是2DBtTPDBq-04的NMR谱；
- [0214] 图36是2DBtTPDBq-04的溶液的吸收光谱；
- [0215] 图37是2DBtTPDBq-04的溶液的发射光谱；
- [0216] 图38是2DBtTPDBq-04的薄膜的吸收光谱；
- [0217] 图39是2DBtTPDBq-04的薄膜的发射光谱；
- [0218] 图40是2DBtTPDBq-04的磷光光谱；

- [0219] 图41A和图41B是2mDBtQPDBq-II的NMR谱；
- [0220] 图42是2mDBtQPDBq-II的薄膜的吸收光谱；
- [0221] 图43是2mDBtQPDBq-II的薄膜的发射光谱；
- [0222] 图44是2mDBtQPDBq-II的磷光光谱；
- [0223] 图45A和图45B是3-(3'-氯-1',1'-联苯-4-基)-9-苯基-9H-咔唑的NMR谱；
- [0224] 图46A和图46B是2mmpPCTPDBq的NMR谱；
- [0225] 图47是2mmpPCTPDBq的溶液的吸收光谱；
- [0226] 图48是2mmpPCTPDBq的溶液的发射光谱；
- [0227] 图49是2mmpPCTPDBq的薄膜的吸收光谱；
- [0228] 图50是2mmpPCTPDBq的薄膜的发射光谱；
- [0229] 图51是2mmpPCTPDBq的磷光光谱；
- [0230] 图52A和图52B是2mPCBPDBq的NMR谱；
- [0231] 图53是示出发光元件1至发光元件6、对比发光元件8的可靠性测试结果的图；
- [0232] 图54是示出发光元件9及对比发光元件10的可靠性测试结果的图；
- [0233] 图55是示出发光元件的热物性评价结果的图。

具体实施方式

[0234] 下面，对本发明的实施方式进行说明。但是，所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实，就是在此所公开的方式和详细内容可以在不脱离本发明的宗旨及其范围的条件下被变换为各种各样的形式。因此，本发明不应该被解释为仅限定在如下实施方式所记载的内容中。

[0235] 另外，在本说明书所说明的每一个附图中，有时为了便于说明，夸大表示阳极、EL层、中间层、阴极等构成要素的尺寸及厚度等。因此，各构成要素的大小不局限于附图所示的大小以及各构成要素之间的相对大小。

[0236] 在本说明书等中，为了方便起见，附加了第一、第二、第三等序数词，而其并不表示工序顺序或叠层顺序。因此，例如即使将“第一”适当地替换为“第二”或“第三”等时也可以进行说明。此外，有时本说明书等所记载的序数词与用来指定本发明的一个方式的序数词不一致。

[0237] 在本说明书等所说明的本发明的构成中，在不同附图之间共同使用同一符号表示同一部分或具有相同功能的部分而不反复这些部分的说明。另外，有时将同一阴影线用于具有相同功能的部分，而不特别附加附图标记表示该部分。

[0238] 在本说明书中，颜色是由色相(相当于单色光的波长)、色度(彩度，即，与白色不同的程度)及明度(亮度，即，光的强度)的三个要素规定的。在本说明书中，颜色也可以由只上述三个要素中的任一个或只任两个规定。在本说明书中，两个光的颜色的不同是指上述三个要素中至少一个的不同，也包括两个光的光谱的形状或光谱中的各峰值的相对强度的分布的不同。

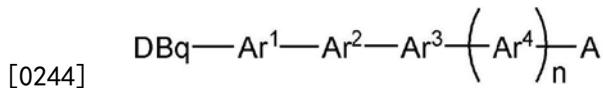
[0239] 另外，根据情况或状态，可以互相调换词语“膜”和“层”。例如，有时可以将词语“导电层”调换为词语“导电膜”，有时可以将词语“绝缘膜”调换为词语“绝缘层”。

[0240] 实施方式1

[0241] 在本实施方式中,说明本发明的一个方式的杂环化合物。

[0242] 本发明的一个方式是一种以通式(G1)表示的杂环化合物。

[0243] [化学式38]

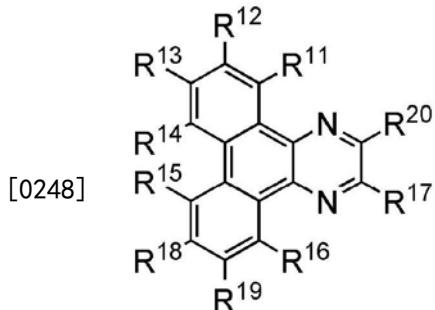


(G1)

[0245] 在通式中,A表示取代或未取代的二苯并噻吩基、取代或未取代的二苯并呋喃基和取代或未取代的咔唑基中的任一个。DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。另外,n为0或1。 Ar^1 至 Ar^4 分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。 Ar^1 至 Ar^4 中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在 Ar^1 至 Ar^4 中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下,上述芳骨架也可以具有取代基。

[0246] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G2-1)表示的杂环化合物。从合成的容易性、合成成本的观点来看,该杂环化合物是有用的。

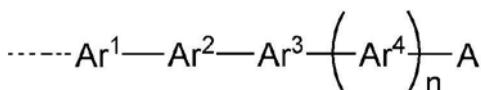
[0247] [化学式39]



(G2-1)

[0249] 在通式中, R^{18} 至 R^{20} 中的任一个表示以通式(G2-2)表示的取代基。 R^{18} 至 R^{20} 中的其他两个、 R^{11} 至 R^{17} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0250] [化学式40]

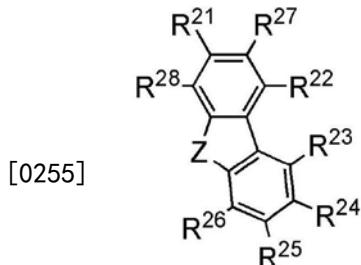


(G2-2)

[0252] 在通式中,A表示取代或未取代的二苯并噻吩基、取代或未取代的二苯并呋喃基和取代或未取代的咔唑基中的任一个。另外,n为0或1。 Ar^1 至 Ar^4 分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。 Ar^1 至 Ar^4 中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在 Ar^1 至 Ar^4 中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下,上述芳骨架也可以具有取代基。

[0253] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G3-1)表示的杂环化合物。

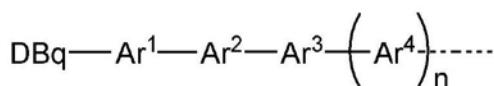
[0254] [化学式41]



(G3-1)

[0256] 在通式中, R²⁷和R²⁸中的任一个表示以通式 (G3-2) 表示的取代基。R²⁷和R²⁸中的另一个、R²¹至R²⁶分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Z表示氧、硫或氮。在Z表示氮的情况下, 取代基可以键合于Z位或不键合于Z位。

[0257] [化学式42]



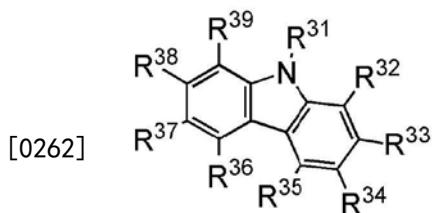
[0258]

(G3-2)

[0259] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。另外, n为0或1。Ar¹至Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基形成芴骨架的情况下, 上述芴骨架也可以具有取代基。

[0260] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G4-1) 表示的杂环化合物。

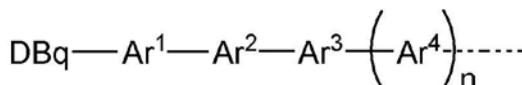
[0261] [化学式43]



(G4-1)

[0263] 在通式中, R³¹、R³³和R³⁴中的任一个表示以通式 (G4-2) 表示的取代基。R³¹、R³³和R³⁴中的以通式 (G4-2) 表示的取代基没有键合的其他两个、R³²、R³⁵至R³⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0264] [化学式44]



[0265]

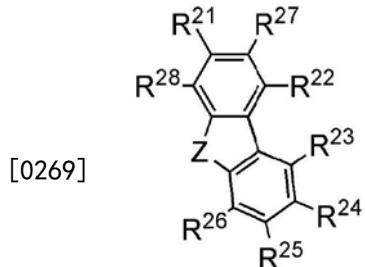
(G4-2)

[0266] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。另外, n为0或1。Ar¹至Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳

基也可以互相键合而形成环。在Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下，上述芳骨架也可以具有取代基。

[0267] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G5-1)表示的杂环化合物。从合成的容易性、合成成本的观点来看，该杂环化合物是有用的。

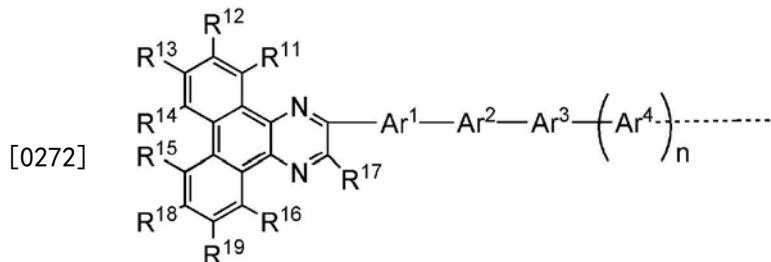
[0268] [化学式45]



(G5-1)

[0270] 在通式中，R²⁷和R²⁸中的任一个表示以通式(G5-2)表示的取代基。R²⁷和R²⁸中的另一个、R²¹至R²⁶分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Z表示氧、硫或氮。在Z表示氮的情况下，取代基可以键合于Z位或不键合于Z位。

[0271] [化学式46]

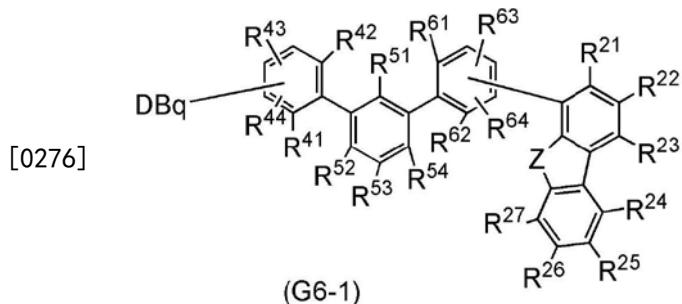


(G5-2)

[0273] 在通式中，R¹¹至R¹⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。另外，n为0或1。Ar¹至Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下，上述芳骨架也可以具有取代基。

[0274] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-1)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

[0275] [化学式47]



(G6-1)

[0277] 在通式中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。Z表示氧或硫。R²¹至R²⁷、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。另外，n为0或1。Ar¹至Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的取代或未取代的亚芳基。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基也可以互相键合而形成环。在Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基形成芳骨架的情况下，上述芳骨架也可以具有取代基。

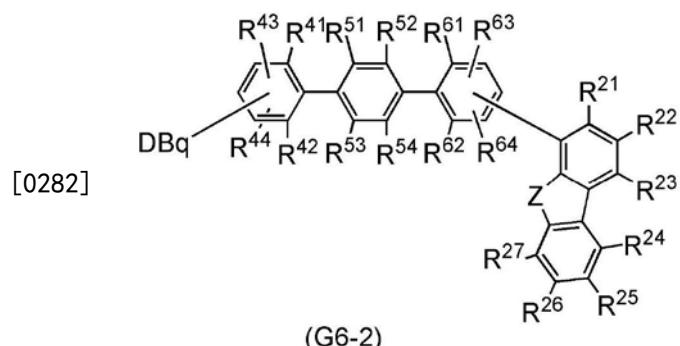
至13的取代或未取代的芳基。

[0278] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G6-1)表示的杂环化合物。

[0279] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且二苯并噻吩基或二苯并呋喃基的取代位置为对位的以通式(G6-1)表示的杂环化合物。

[0280] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-2)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

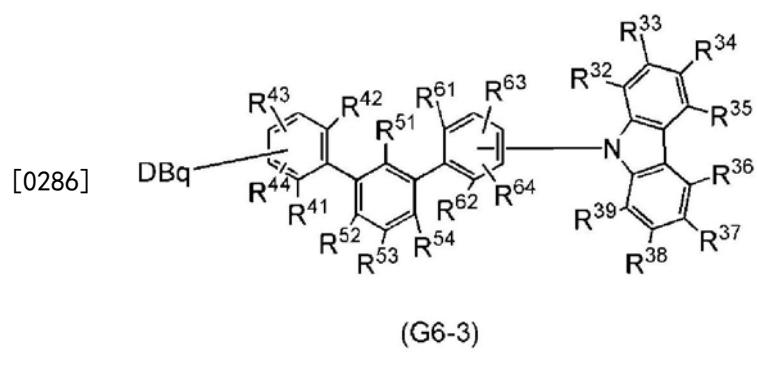
[0281] [化学式48]



[0283] 在通式中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]噻唑啉基。Z表示氧或硫。R²¹至R²⁷、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0284] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-3)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

[0285] [化学式49]



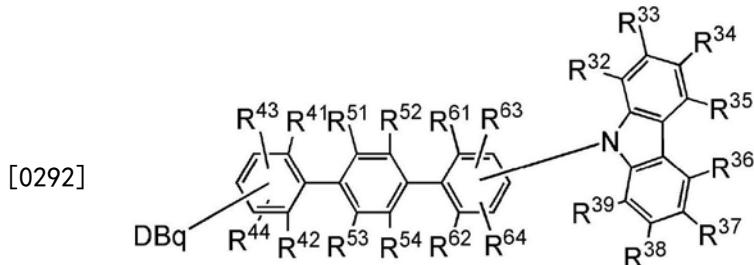
[0287] 在通式中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]噻唑啉基。R³²至R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0288] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G6-3)表示的杂环化合物。

[0289] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G6-3)表示的杂环化合物。

[0290] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-4)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

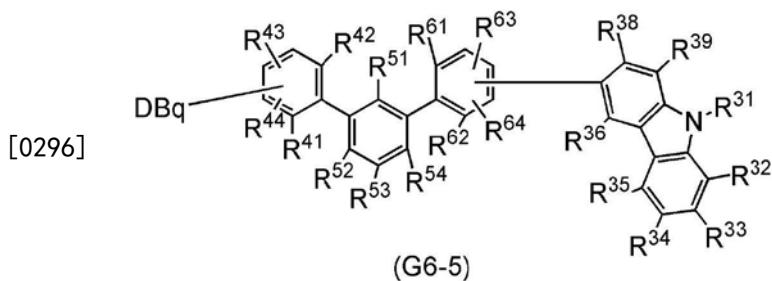
[0291] [化学式50]



[0293] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³²至R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0294] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-5)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0295] [化学式51]



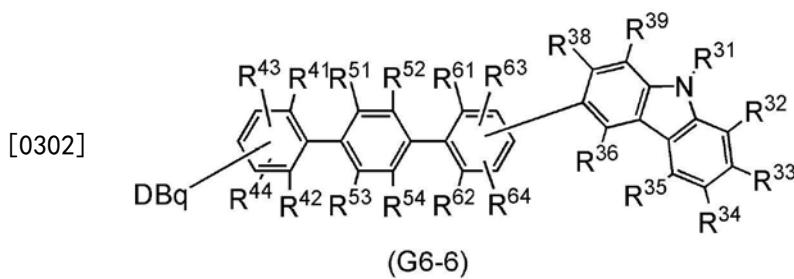
[0297] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³²至R³⁶、R³⁸、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0298] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G6-5)表示的杂环化合物。

[0299] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G6-5)表示的杂环化合物。

[0300] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-6)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0301] [化学式52]

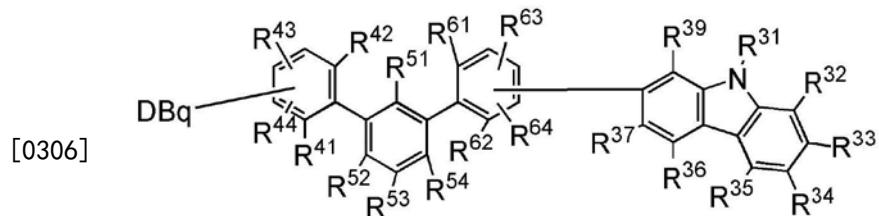


[0303] 在通式中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³²至R³⁶、R³⁸、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴及

R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0304] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-7)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

[0305] [化学式53]



(G6-7)

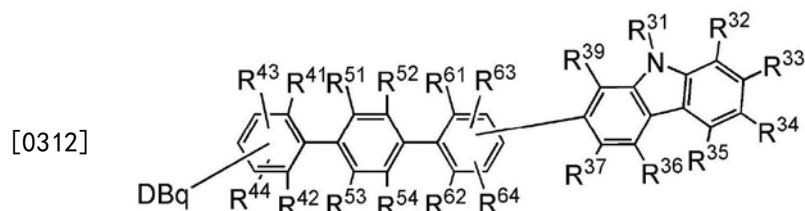
[0307] 在通式中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³²至R³⁷、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0308] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G6-7)表示的杂环化合物。

[0309] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G6-7)表示的杂环化合物。

[0310] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G6-8)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

[0311] [化学式54]

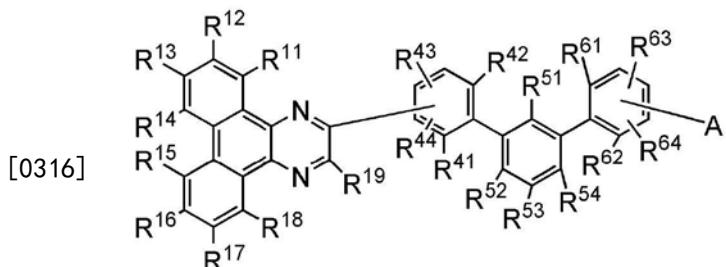


(G6-8)

[0313] 在通式中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³²至R³⁷、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0314] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G7-1)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

[0315] [化学式55]



(G7-1)

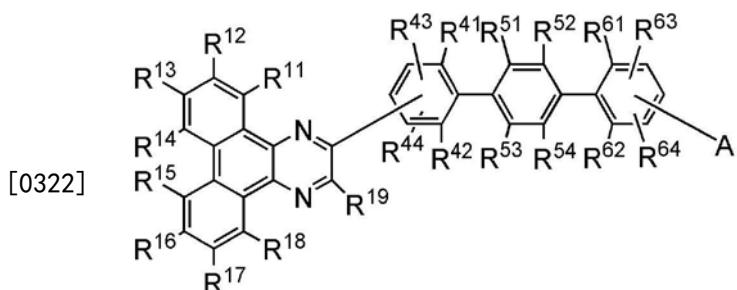
[0317] 在通式中,A表示取代或未取代的二苯并噻吩基、取代或未取代的二苯并呋喃基和取代或未取代的咔唑基中的任一个。R¹¹至R¹⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0318] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G7-1)表示的杂环化合物。

[0319] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且A的取代位置为对位的以通式(G7-1)表示的杂环化合物。

[0320] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G7-2)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0321] [化学式56]

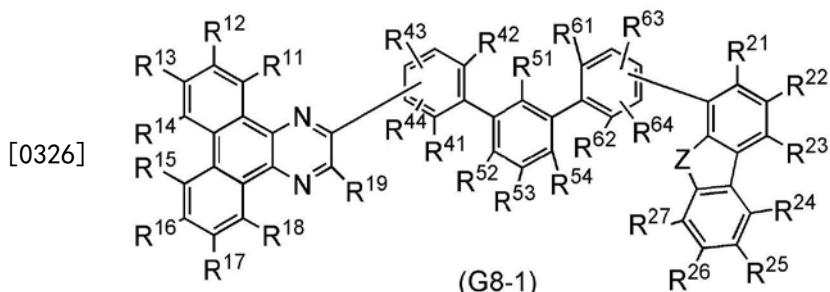


(G7-2)

[0323] 在通式中,A表示取代或未取代的二苯并噻吩基、取代或未取代的二苯并呋喃基和取代或未取代的咔唑基中的任一个。R¹¹至R¹⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0324] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-1)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0325] [化学式57]



(G8-1)

[0327] 在通式中,Z表示氧或硫。R¹¹至R¹⁹、R²¹至R²⁷、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地

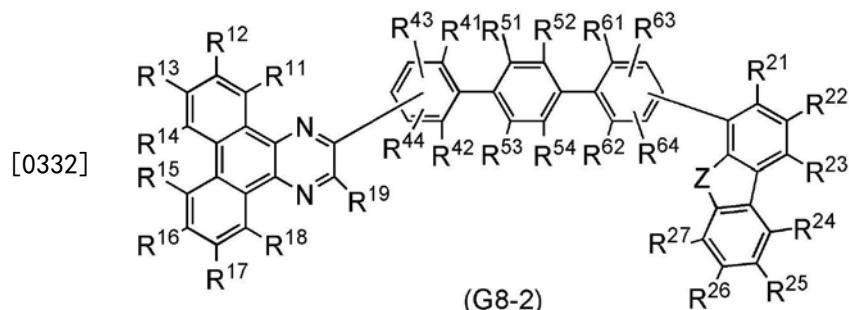
表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0328] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G8-1)表示的杂环化合物。

[0329] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且二苯并噻吩基或二苯并呋喃基的取代位置为对位的以通式(G8-1)表示的杂环化合物。

[0330] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-2)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

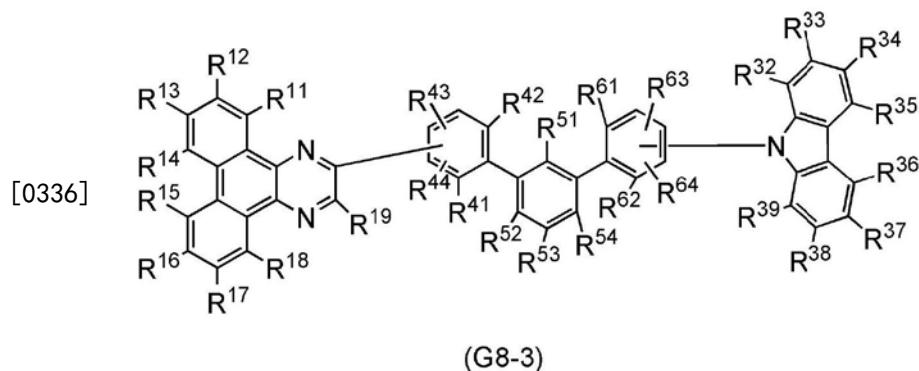
[0331] [化学式58]



[0333] 在通式中，Z表示氧或硫。R¹¹至R¹⁹、R²¹至R²⁷、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0334] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-3)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

[0335] [化学式59]



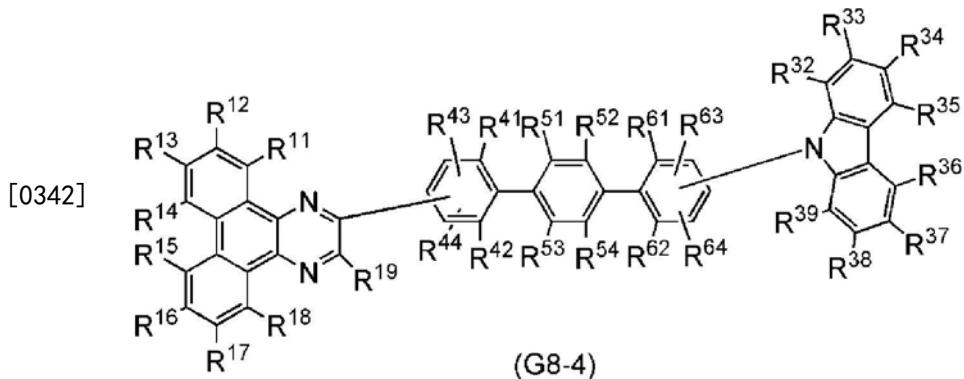
[0337] 在通式中，R¹¹至R¹⁹、R³²至R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0338] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G8-3)表示的杂环化合物。

[0339] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G8-3)表示的杂环化合物。

[0340] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-4)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

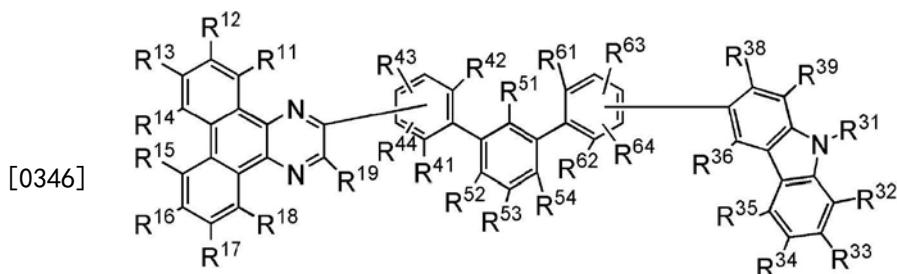
[0341] [化学式60]



[0343] 在通式中, R^{11} 至 R^{19} 、 R^{32} 至 R^{39} 、 R^{41} 至 R^{44} 、 R^{51} 至 R^{54} 、 R^{61} 至 R^{64} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0344] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G8-5) 表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0345] [化学式61]



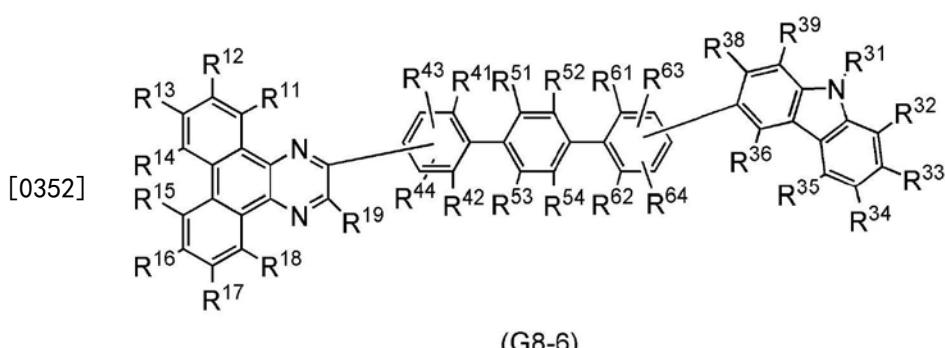
[0347] 在通式中, R^{11} 至 R^{19} 、 R^{32} 至 R^{36} 、 R^{38} 、 R^{39} 、 R^{41} 至 R^{44} 、 R^{51} 至 R^{54} 、 R^{61} 至 R^{64} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。 R^{31} 表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0348] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式 (G8-5) 表示的杂环化合物。

[0349] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式 (G8-5) 表示的杂环化合物。

[0350] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G8-6) 表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

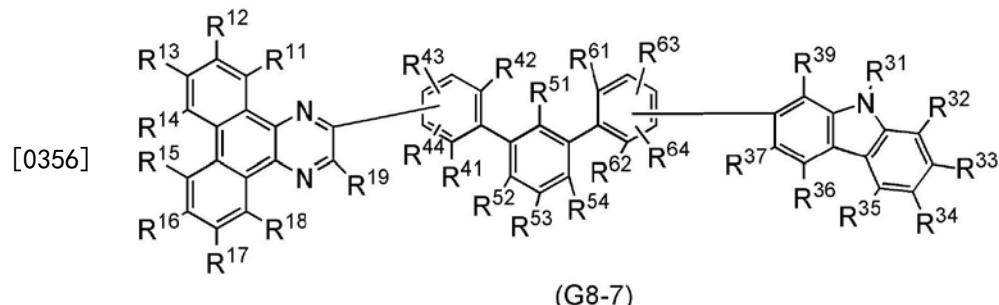
[0351] [化学式62]



[0353] 在通式中, R¹¹至R¹⁹、R³²至R³⁶、R³⁸、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0354] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-7)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0355] [化学式63]



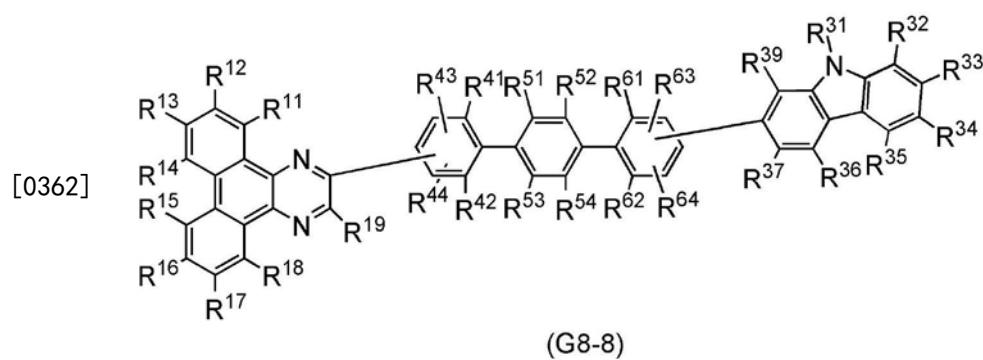
[0357] 在通式中, R¹¹至R¹⁹、R³²至R³⁷、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0358] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位的以通式(G8-7)表示的杂环化合物。

[0359] 本发明的其他一个方式是一种DBq的取代位置为间位且咔唑基的取代位置为对位的以通式(G8-7)表示的杂环化合物。

[0360] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G8-8)表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

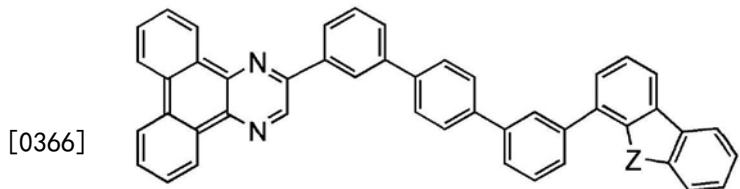
[0361] [化学式64]



[0363] 在通式中, R¹¹至R¹⁹、R³²至R³⁷、R³⁹、R⁴¹至R⁴⁴、R⁵¹至R⁵⁴、R⁶¹至R⁶⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R³¹表示碳原子数为1至4的烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。

[0364] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-1)表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0365] [化学式65]

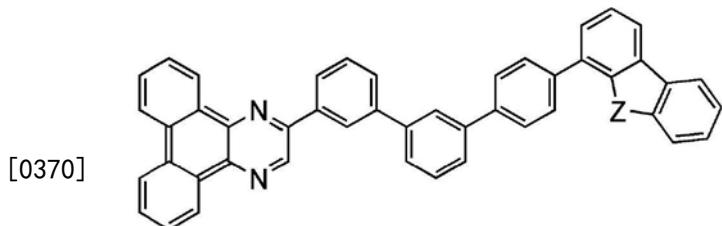


(G9-1)

[0367] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0368] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-2)表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0369] [化学式66]

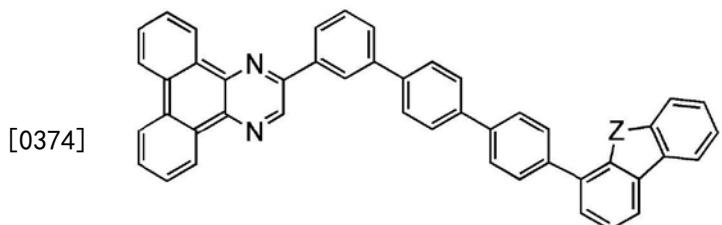


(G9-2)

[0371] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0372] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-3)表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0373] [化学式67]

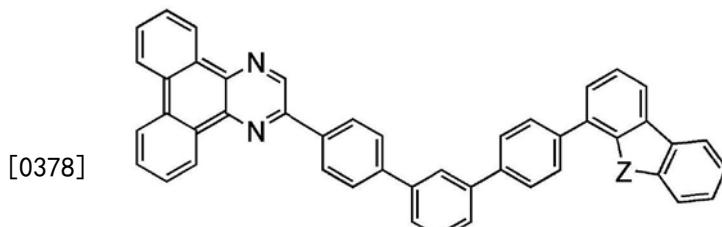


(G9-3)

[0375] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0376] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-4)表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0377] [化学式68]

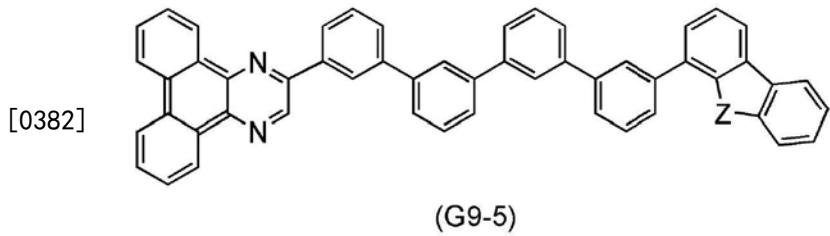


(G9-4)

[0379] 在通式中,Z表示氧或硫。

[0380] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G9-5)表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

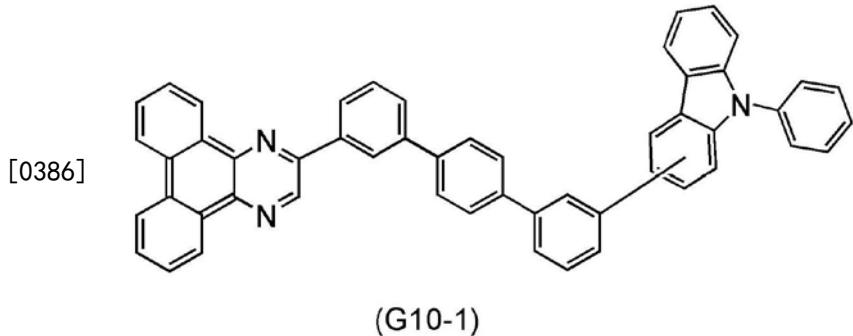
[0381] [化学式69]



[0383] 在通式中,Z表示氧或硫。

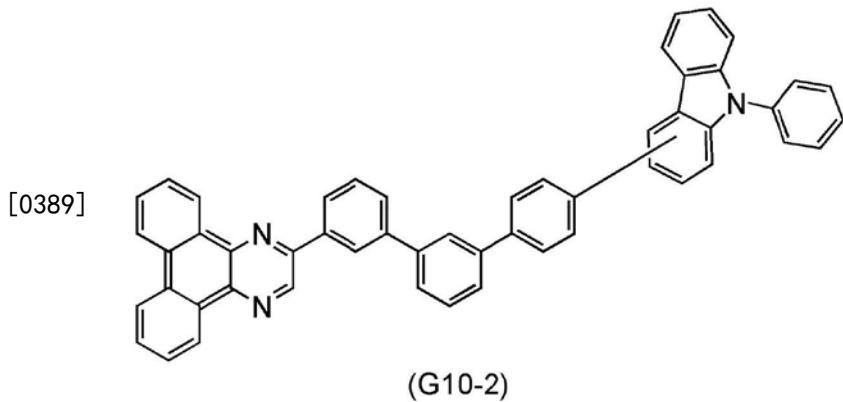
[0384] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G10-1)表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0385] [化学式70]



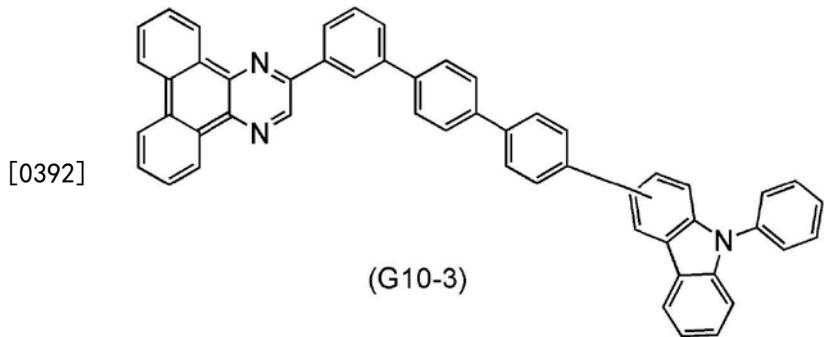
[0387] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G10-2)表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0388] [化学式71]



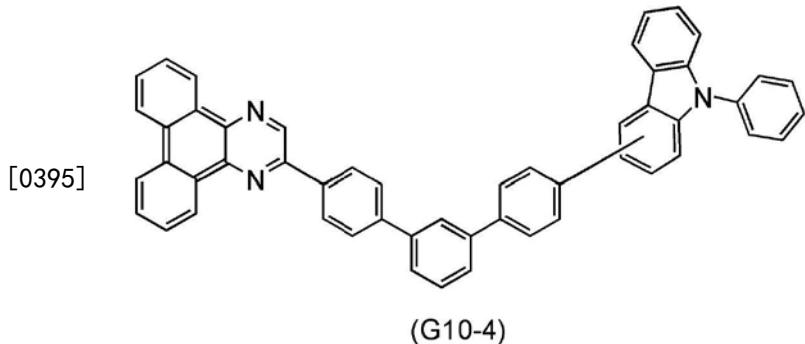
[0390] 本发明的其他一个方式是一种以通式(G10-3)表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看,该杂环化合物是有用的。

[0391] [化学式72]



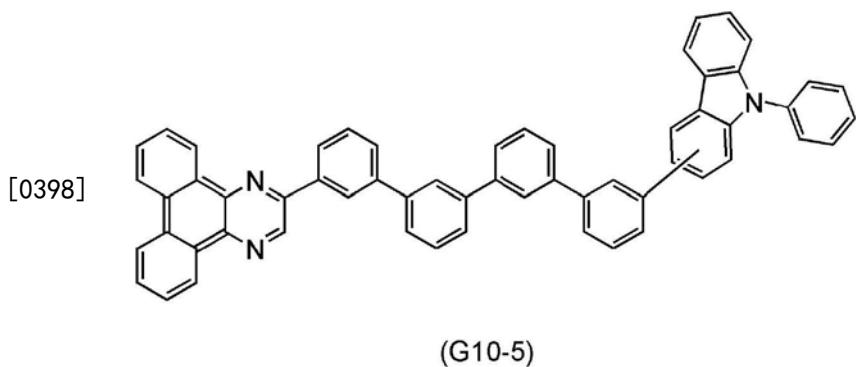
[0393] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G10-4) 表示的杂环化合物。从高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

[0394] [化学式73]



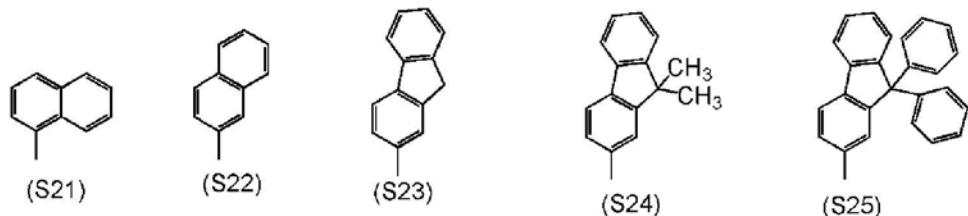
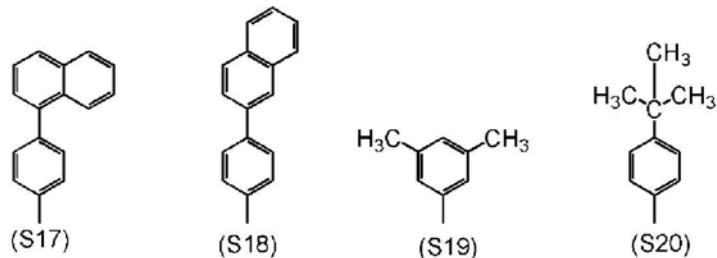
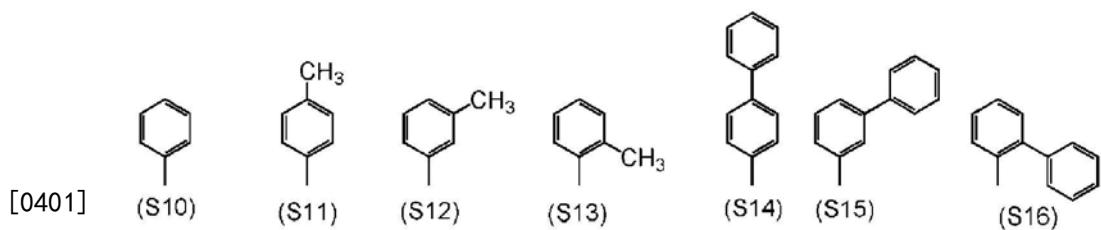
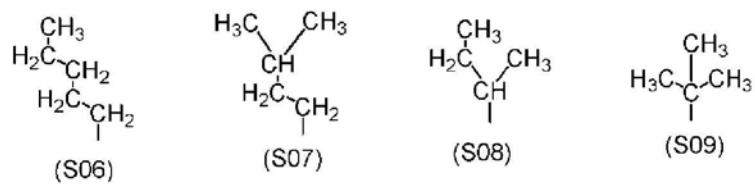
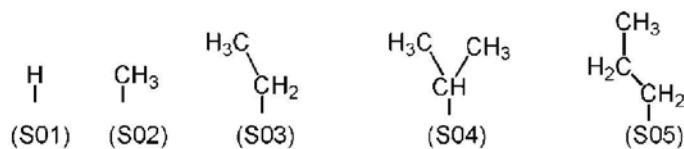
[0396] 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G10-5) 表示的杂环化合物。从高T1能级、高载流子传输性、高耐热性及高可靠性的观点来看，该杂环化合物是有用的。

[0397] [化学式74]

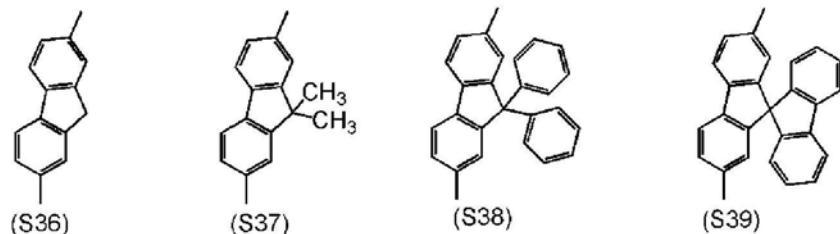
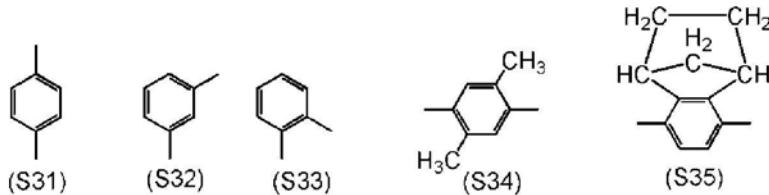


[0399] 以下，示出本发明的一个方式的杂环化合物所具有的取代基的例子。下述式 (S01) 至式 (S25) 是 R¹¹ 至 R¹⁹、R²¹ 至 R²⁷、R³² 至 R³⁹、R⁴¹ 至 R⁴⁴、R⁵¹ 至 R⁵⁴ 及 R⁶¹ 至 R⁶⁴ 的具体例子，下述式 (S02) 至式 (S25) 是 R³¹ 的具体例子。下述式 (S31) 至式 (S46) 示出 Ar¹ 至 Ar⁴ 的例子。注意，本发明的一个方式不局限于以下的例子。

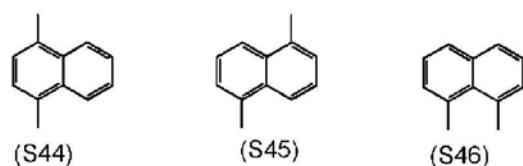
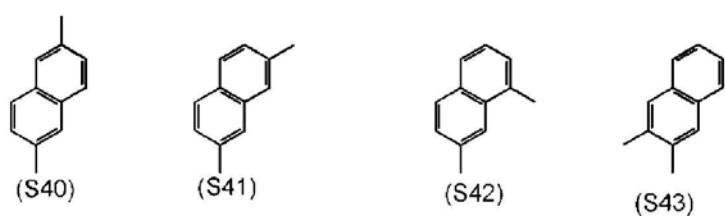
[0400] [化学式75]



[0402] [化学式76]

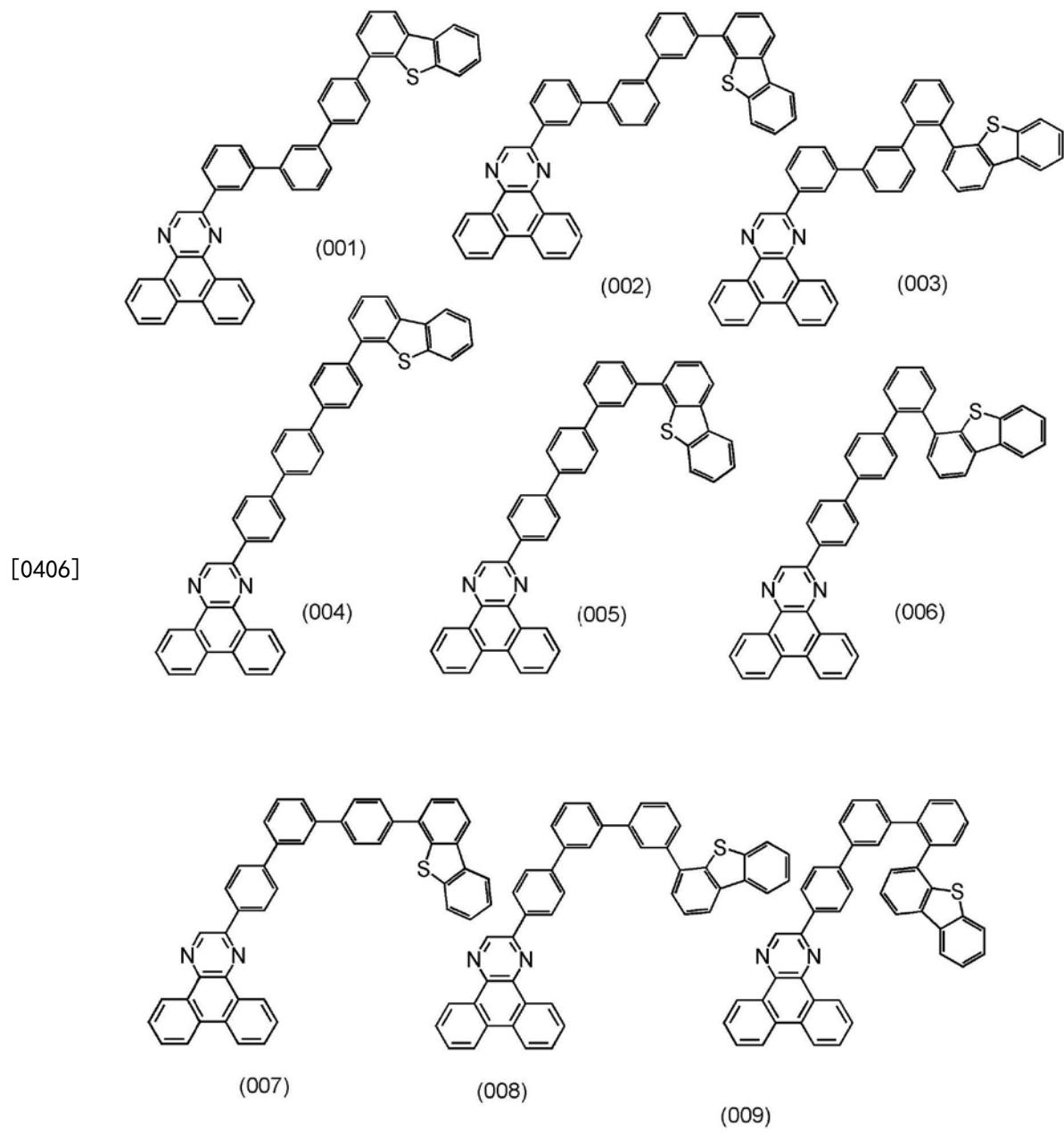


[0403]

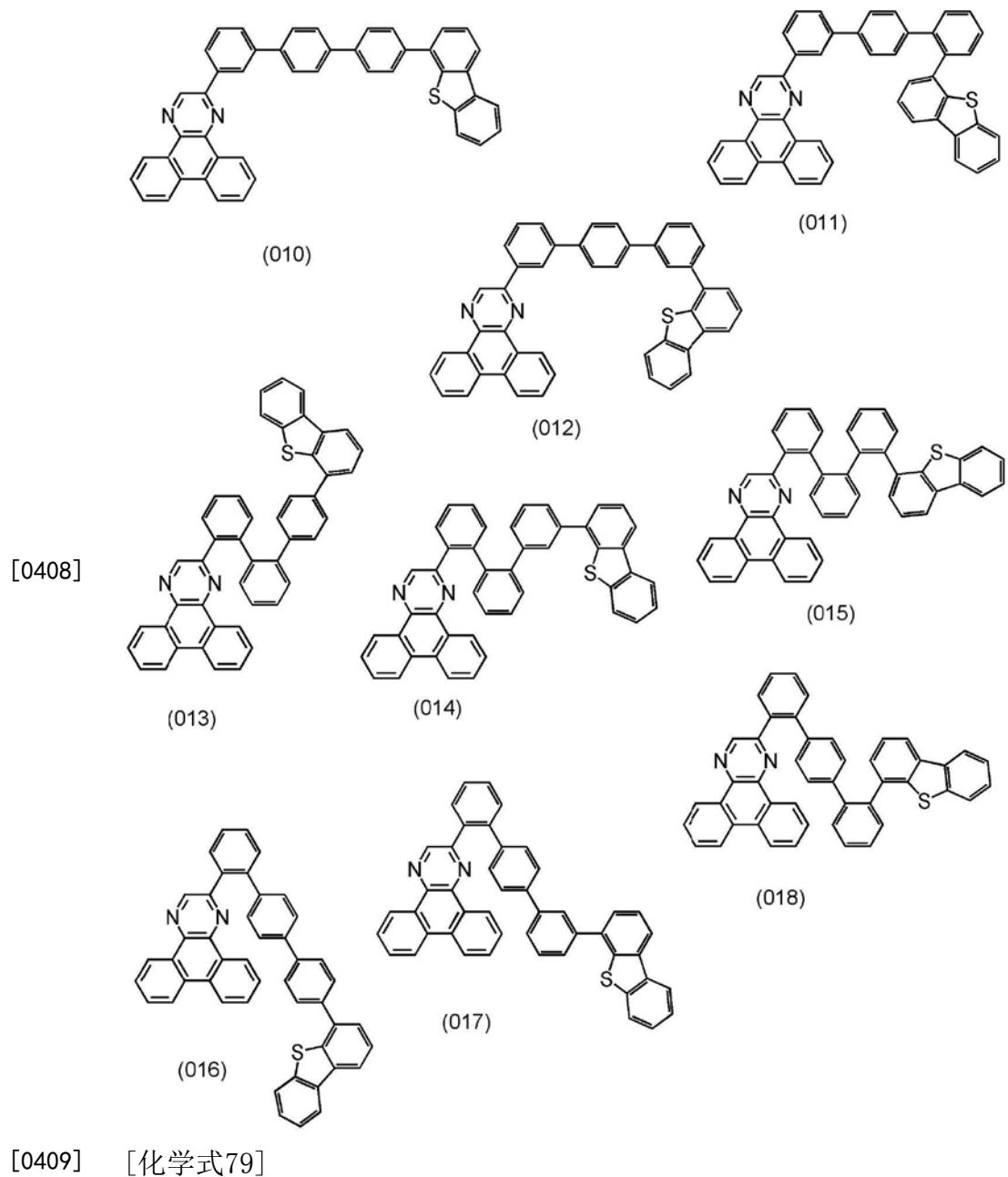


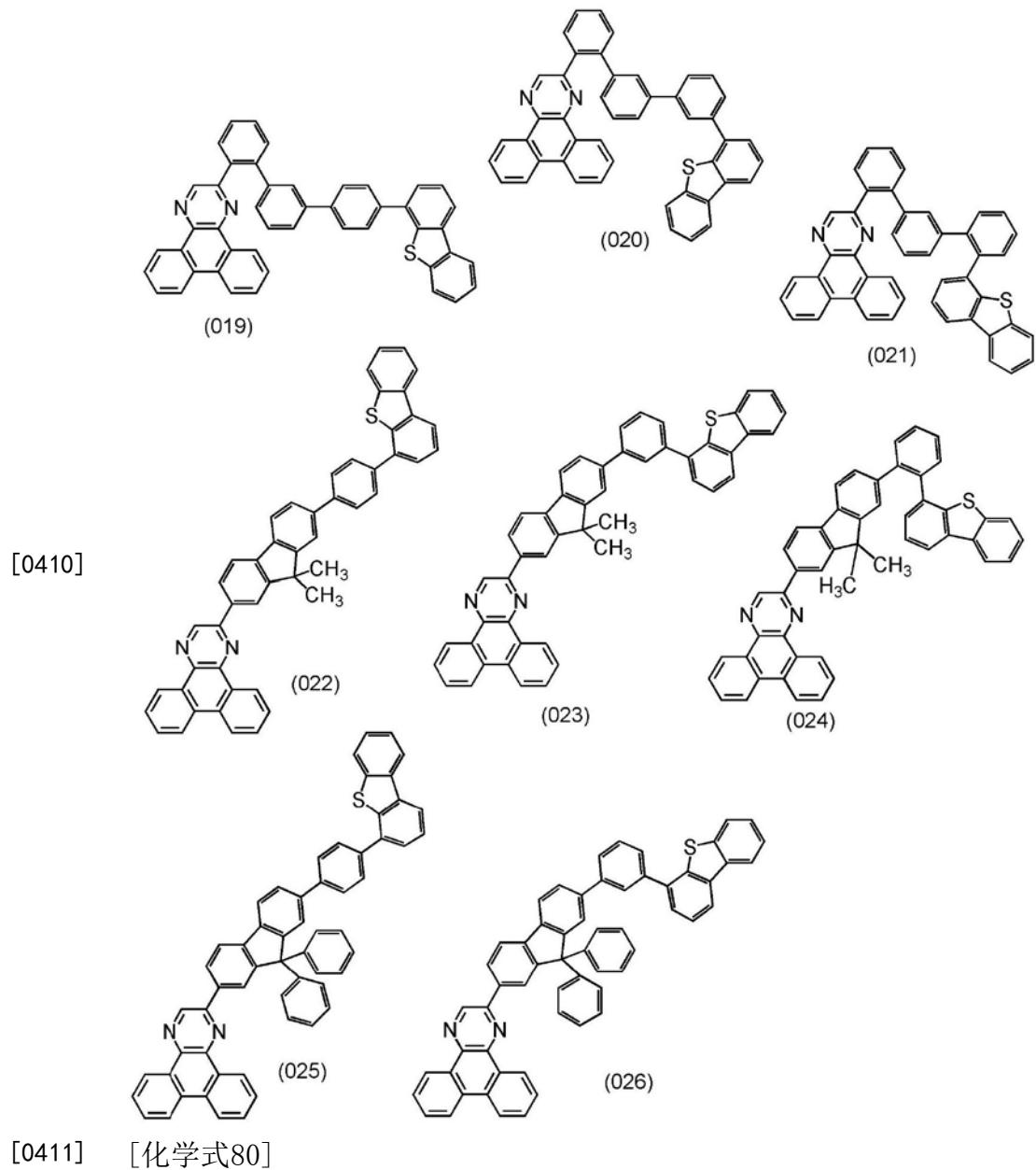
[0404] 以下,示出本发明的方式的杂环化合物的具体结构。注意,本发明的方式的杂环化合物不局限于以下的例子。

[0405] [化学式77]

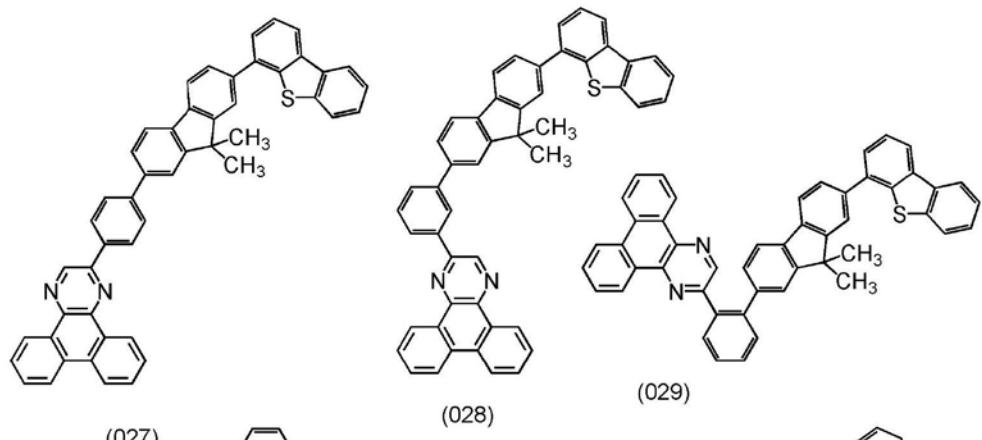


[0407] [化学式78]





[0411] [化学式80]

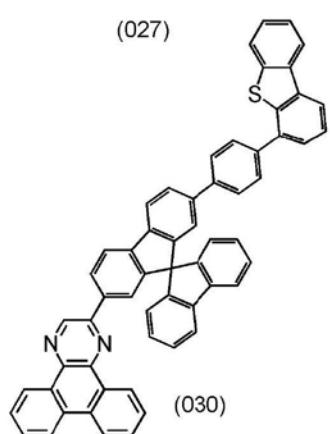


(027)

(028)

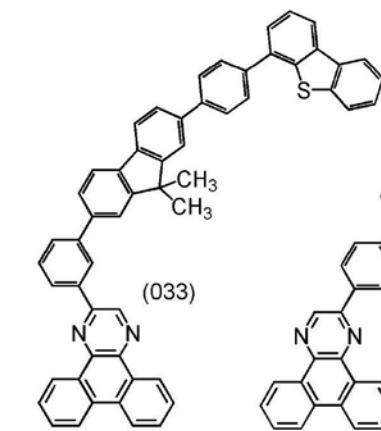
(029)

[0412]

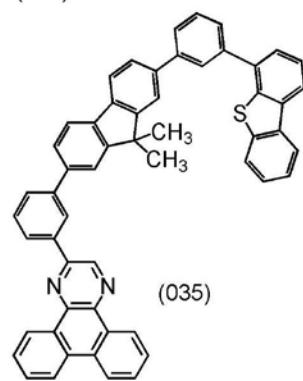


(031)

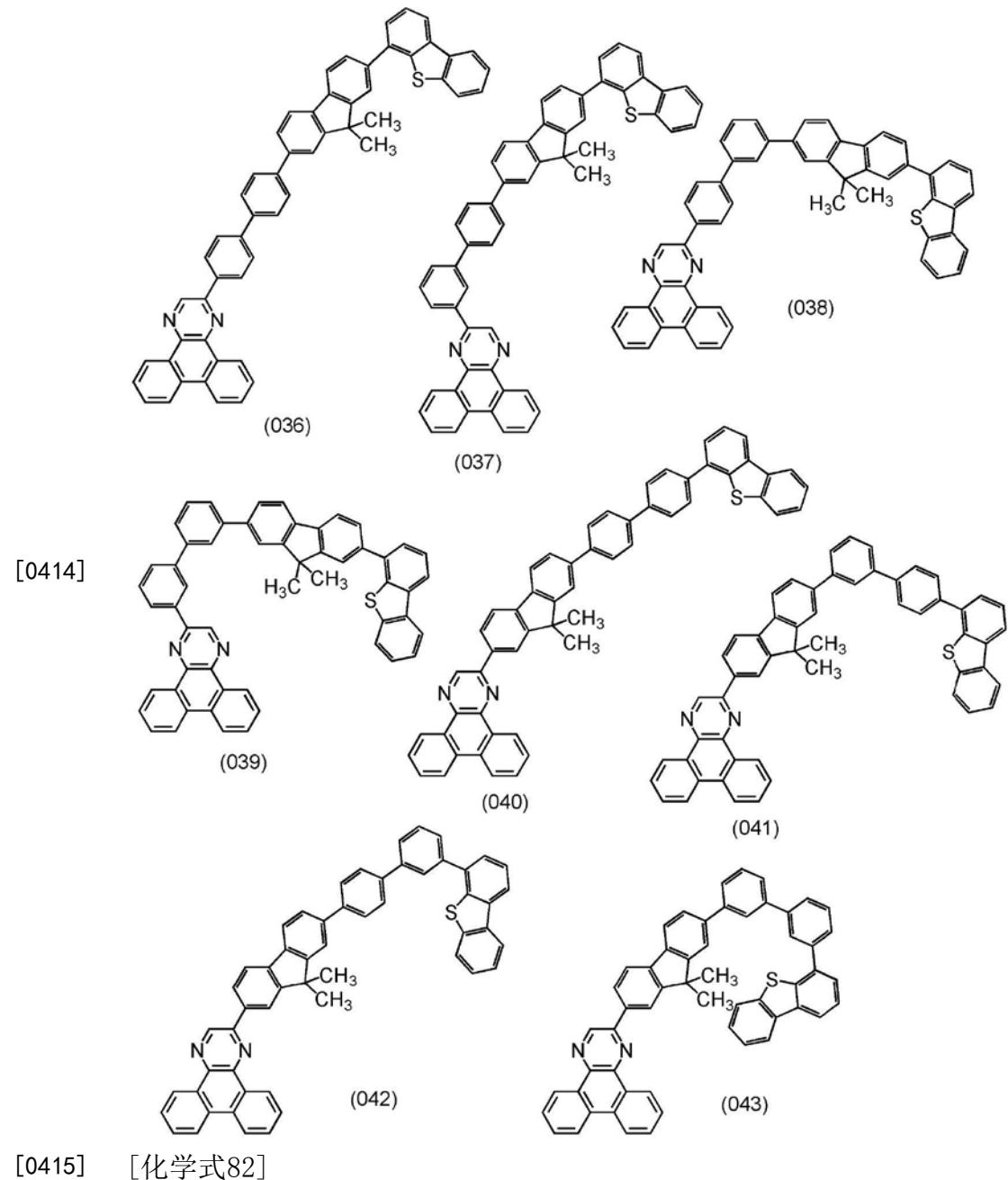
(032)

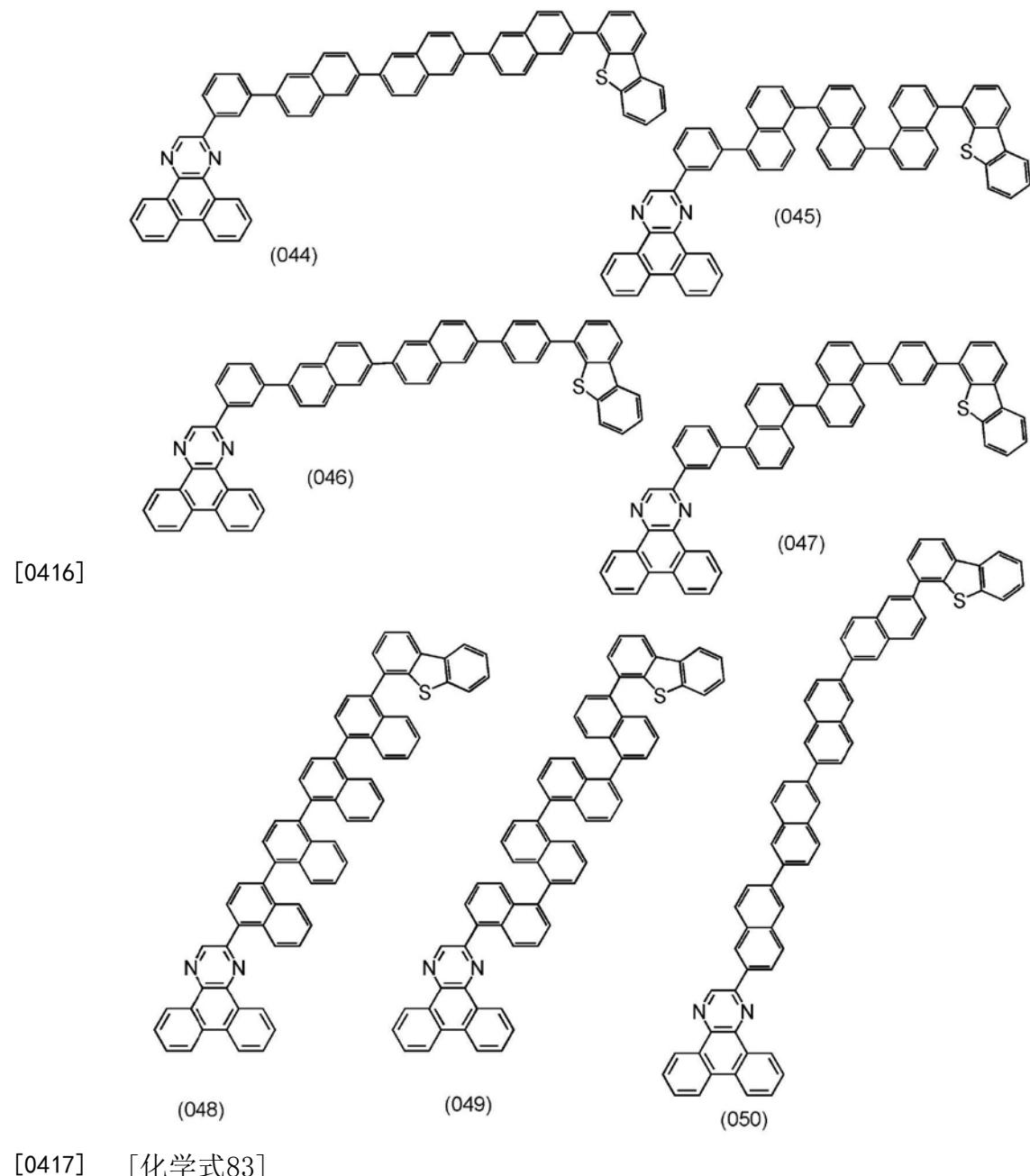


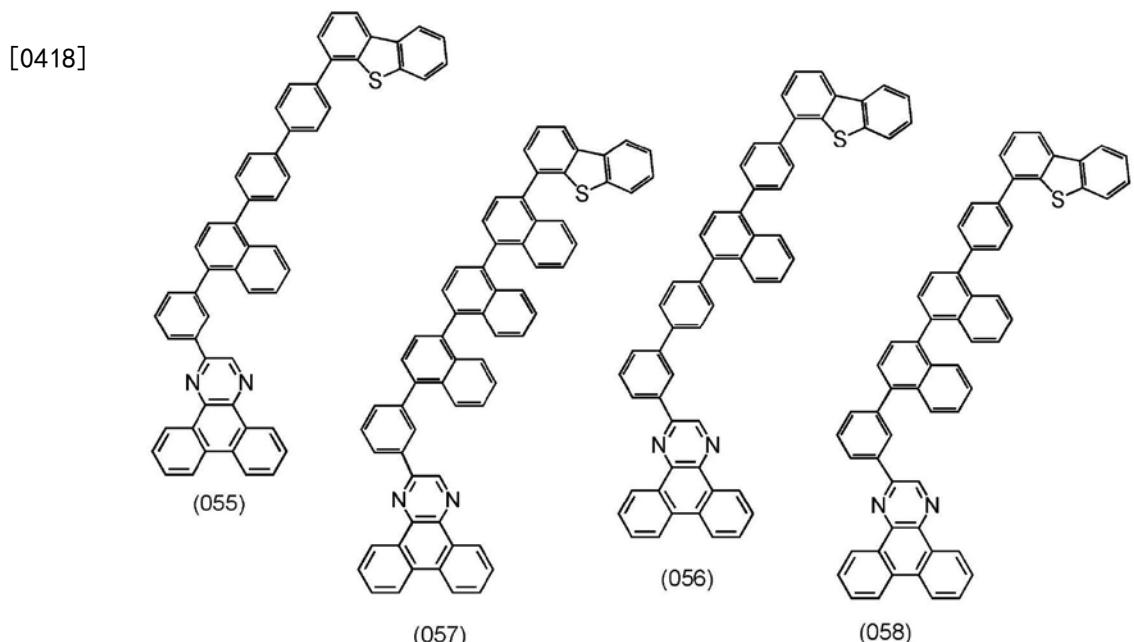
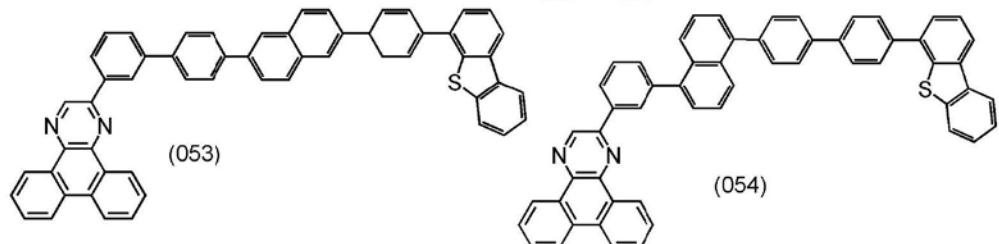
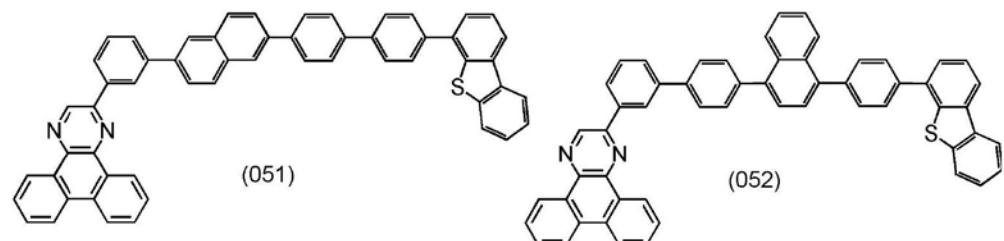
(034)



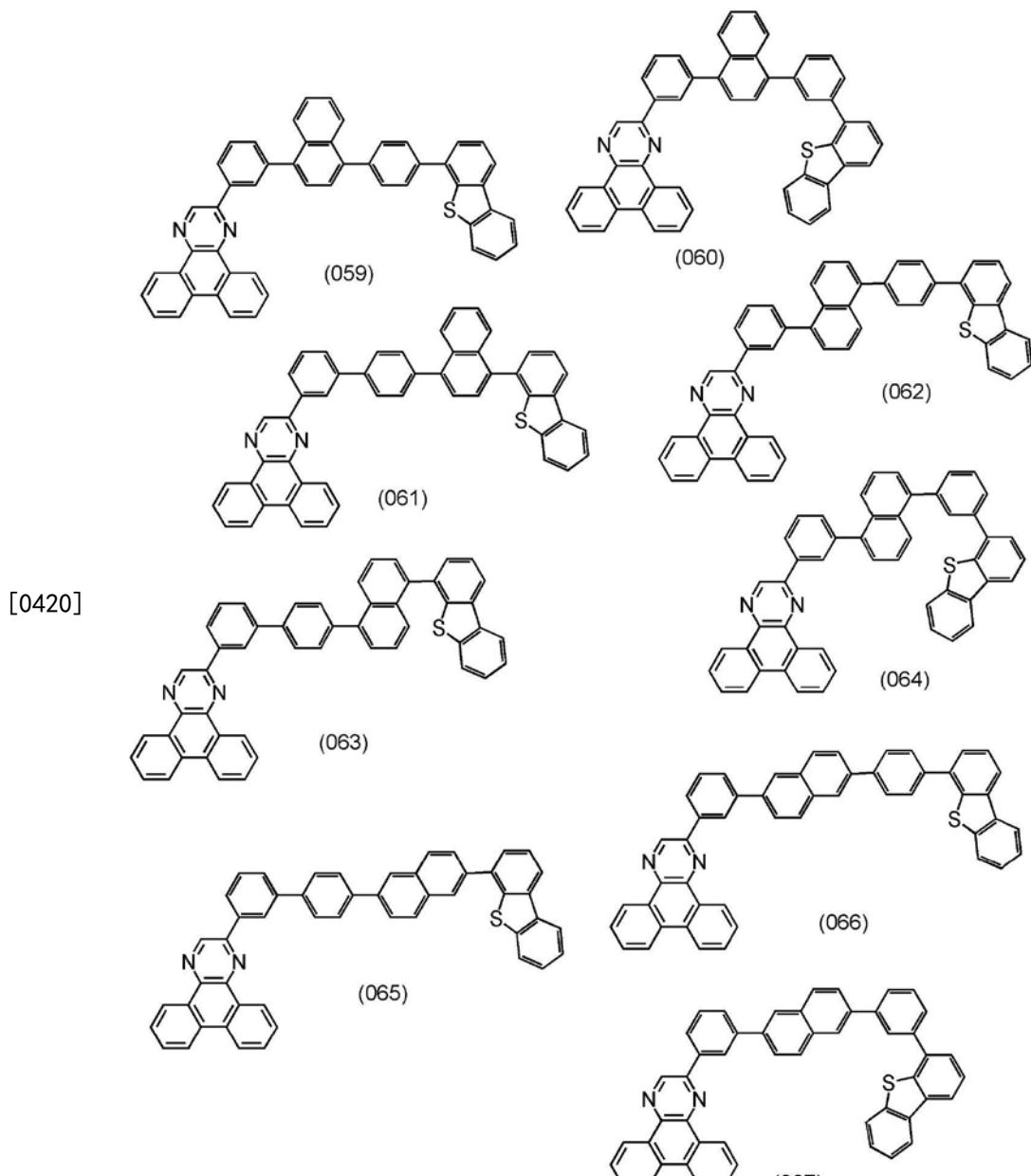
[0413] [化学式81]



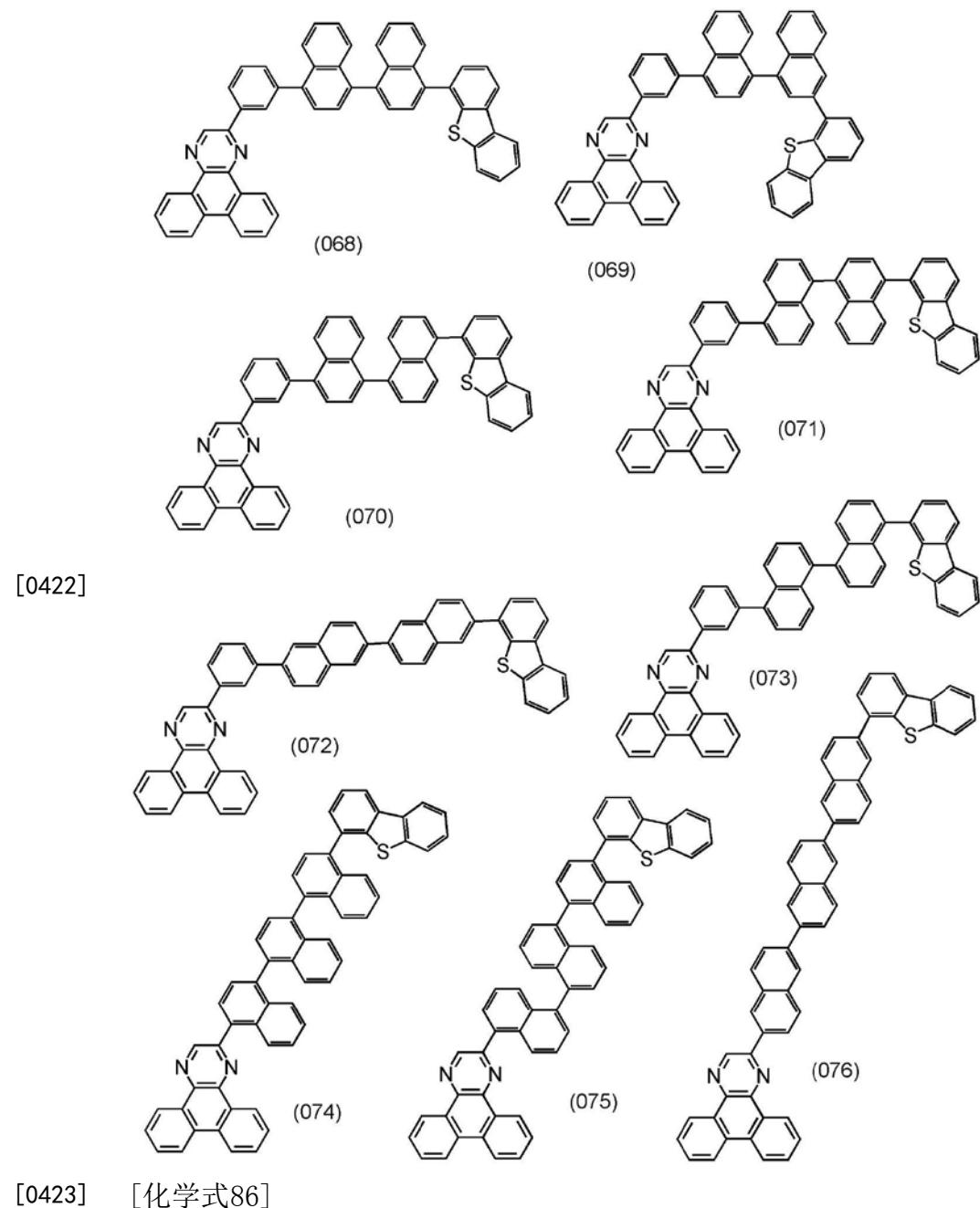




[0419] [化学式84]

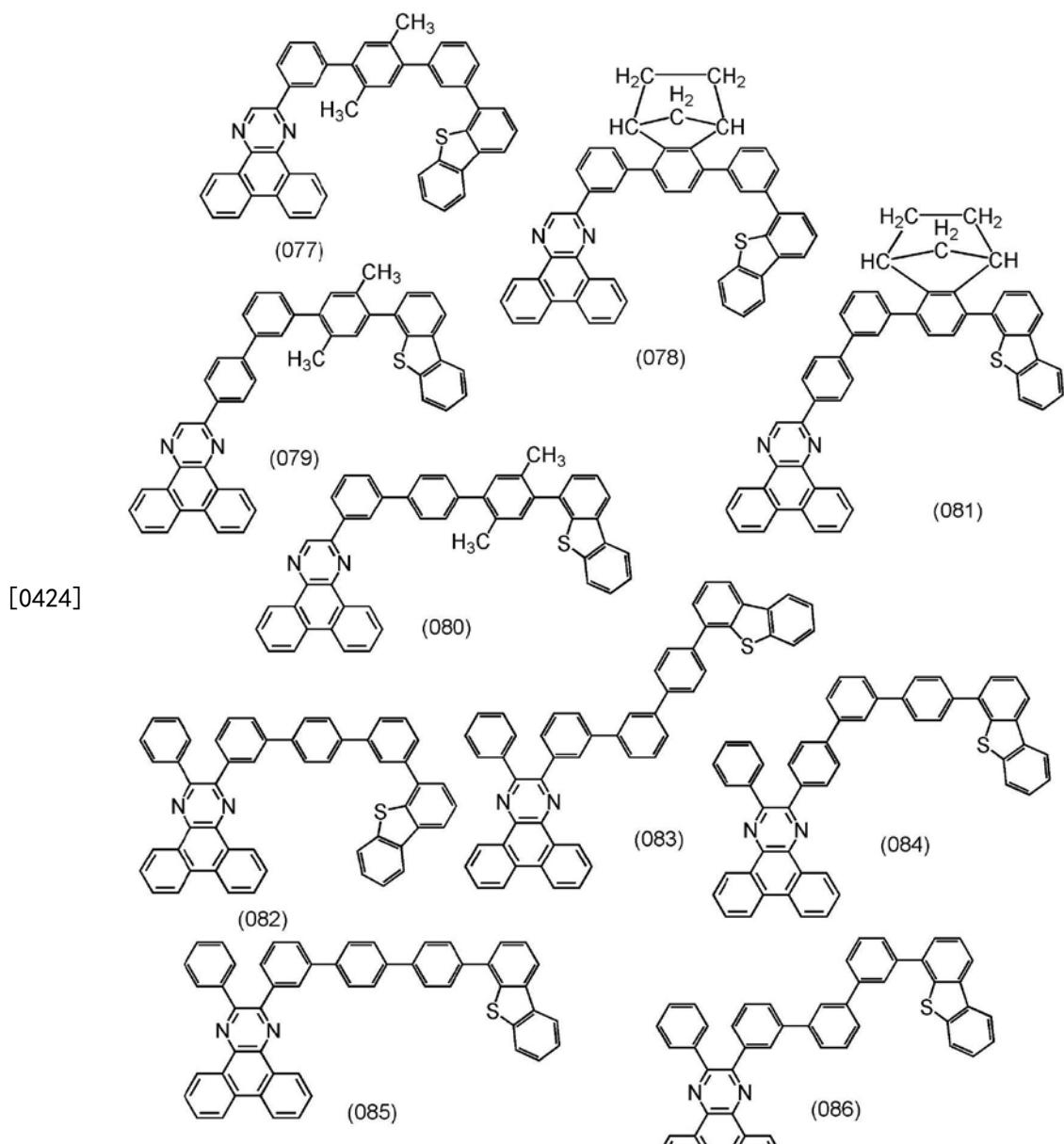


[0420] [0421] [化学式85]

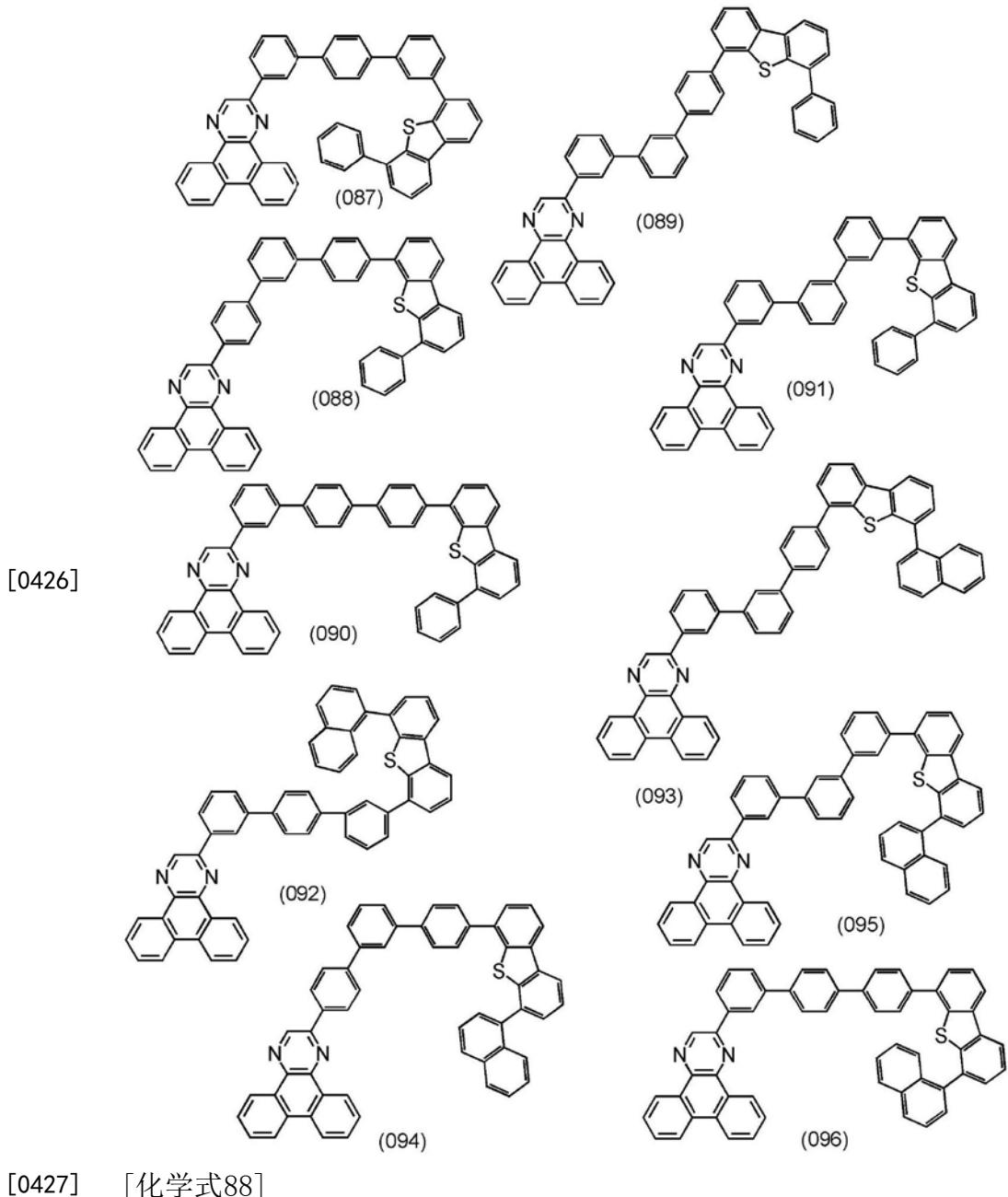


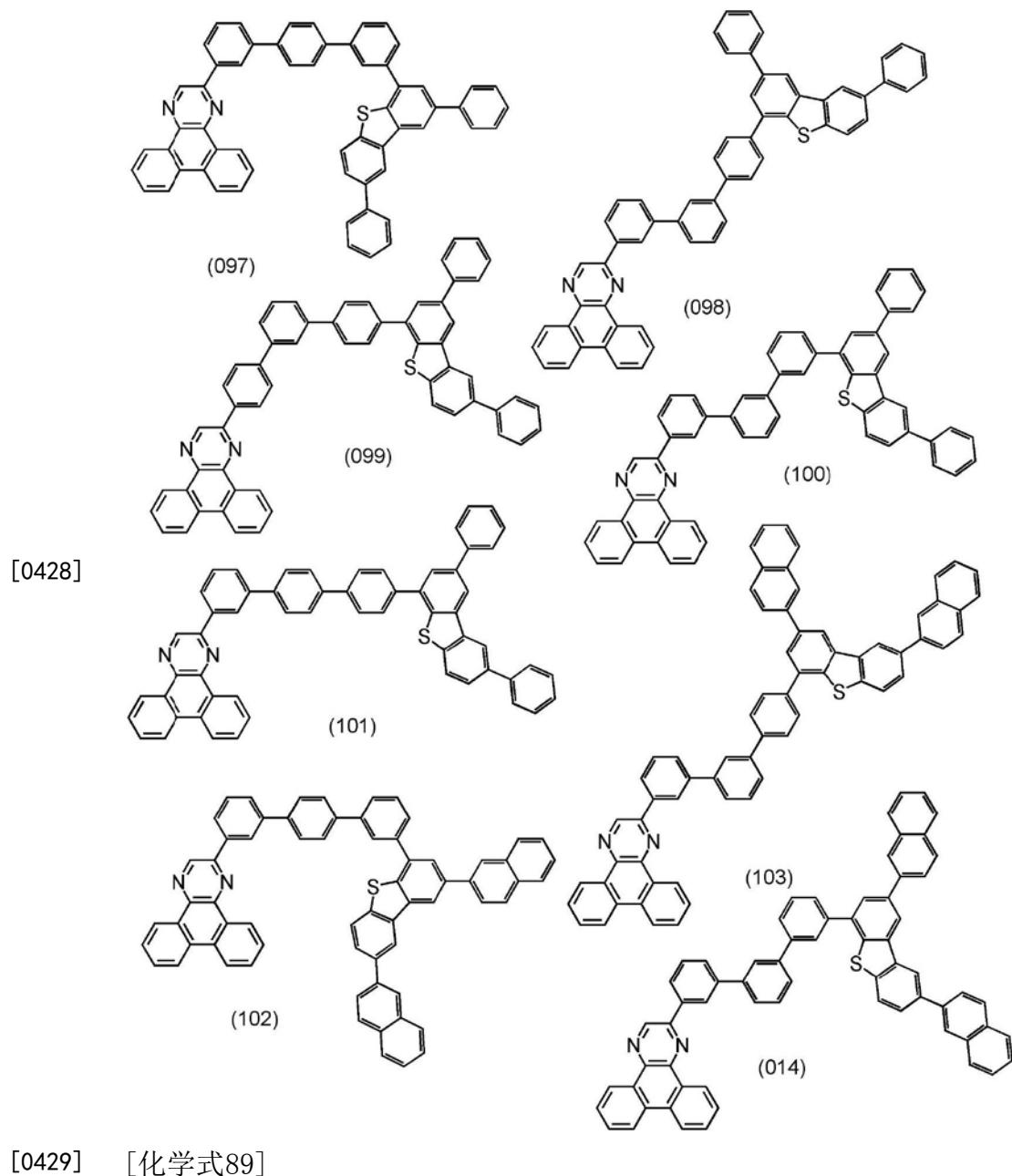
[0423]

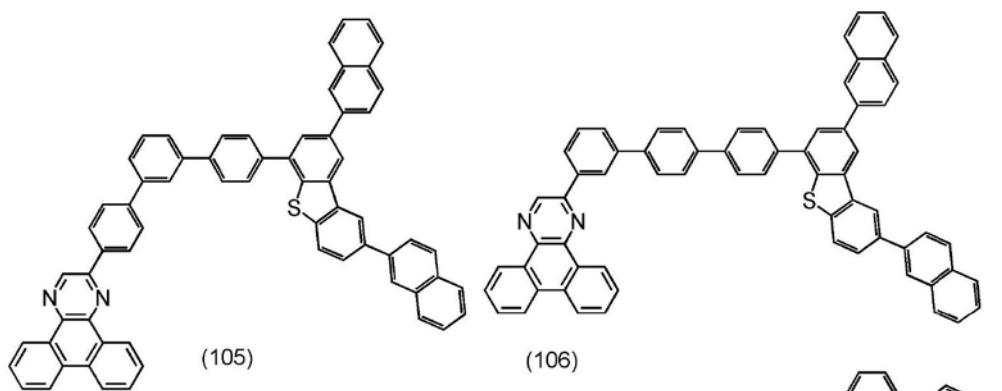
[化学式86]



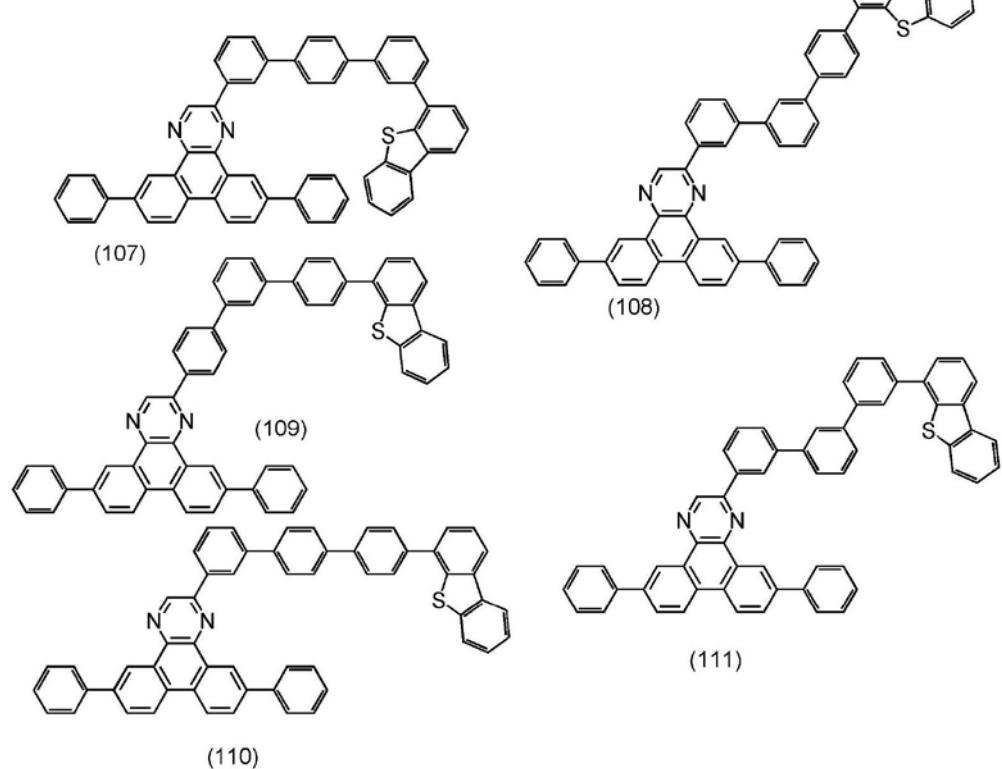
[0424] [化学式87]



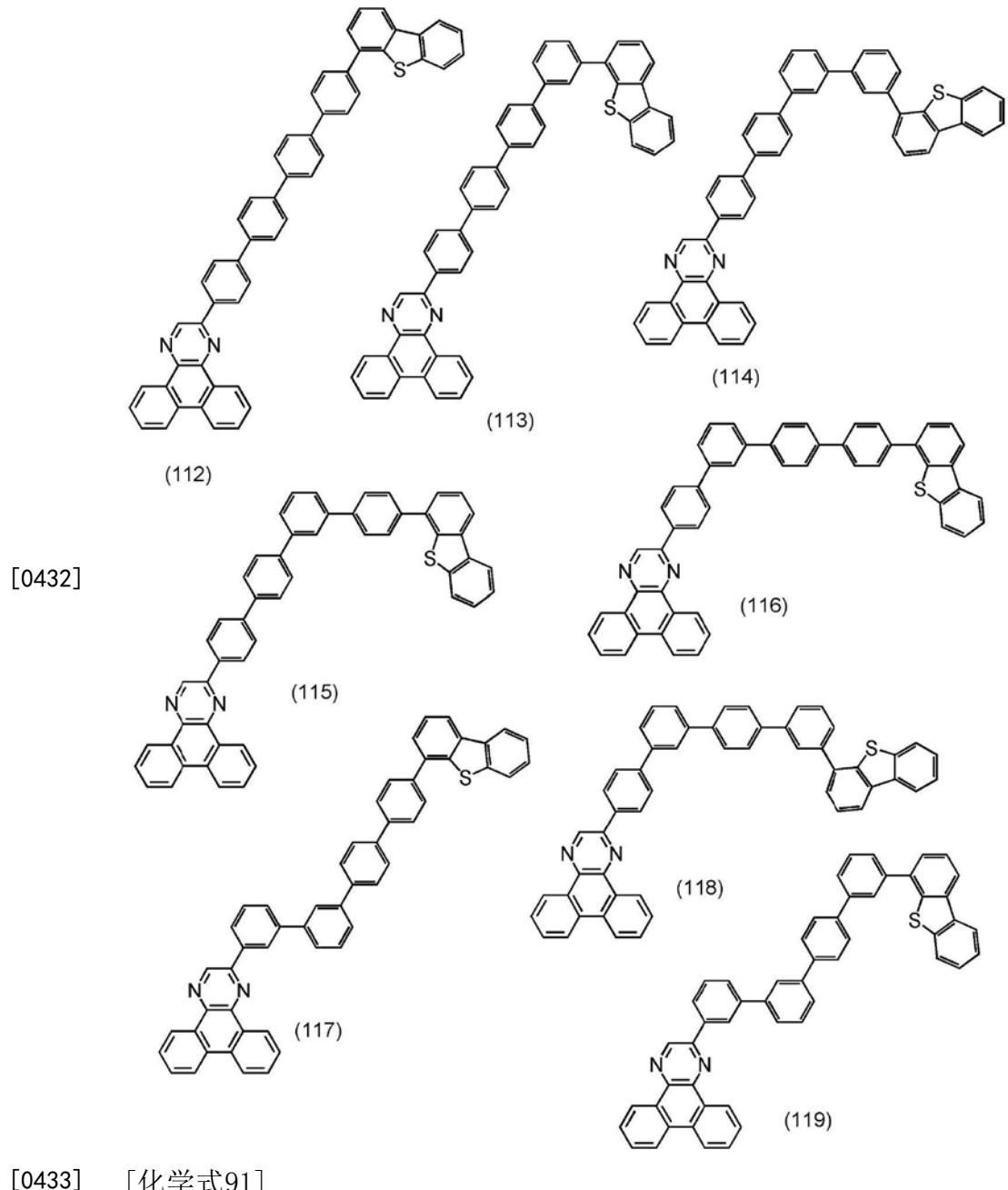


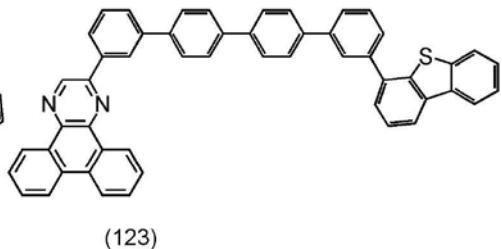
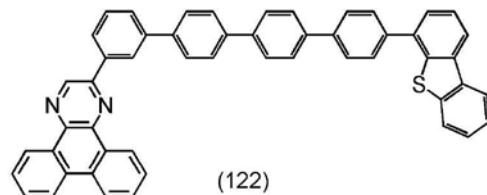
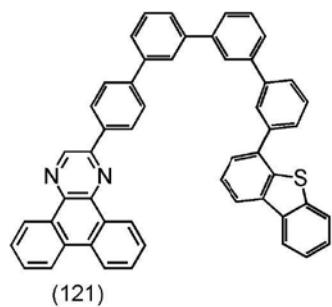
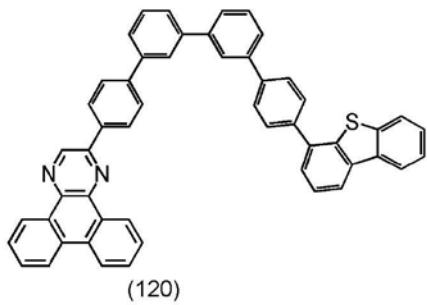


[0430]

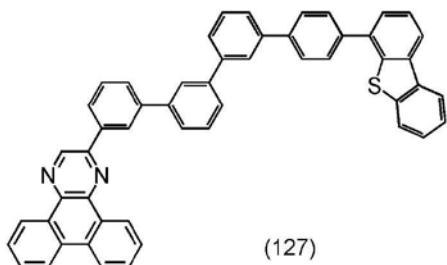
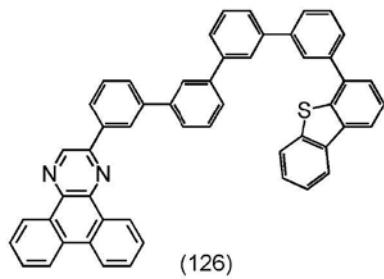
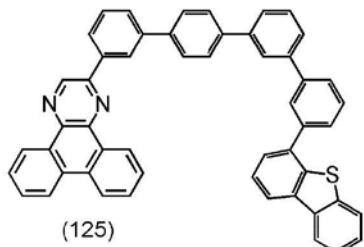
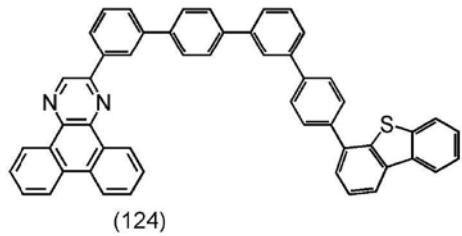


[0431] [化学式90]

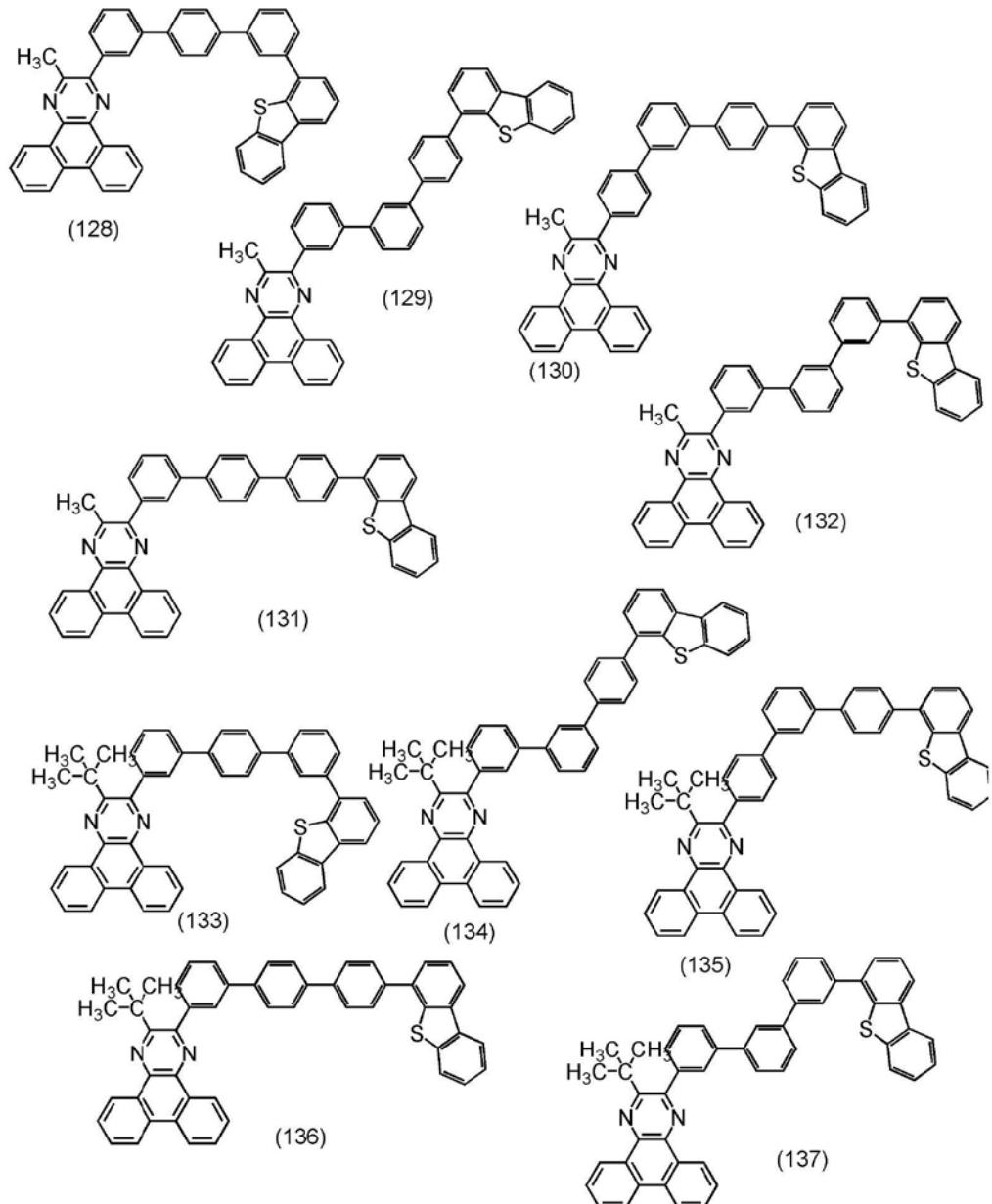




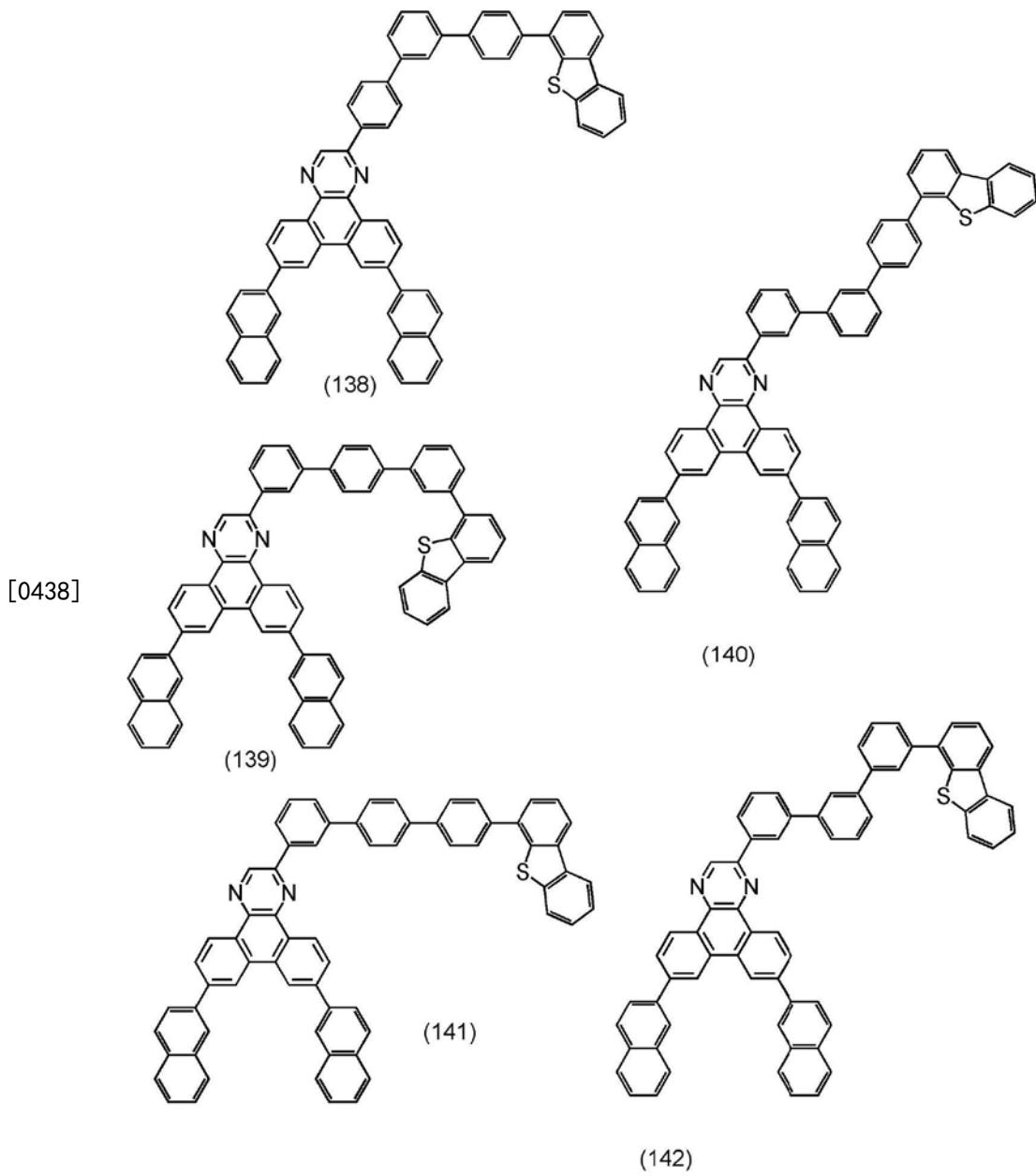
[0434]



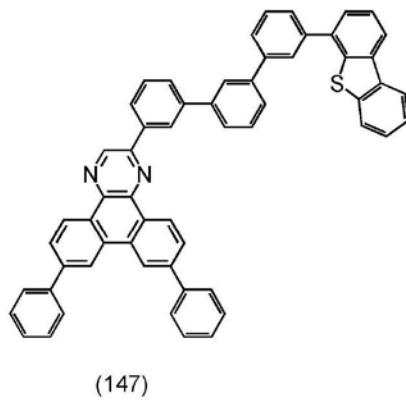
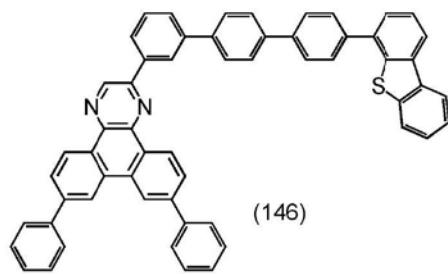
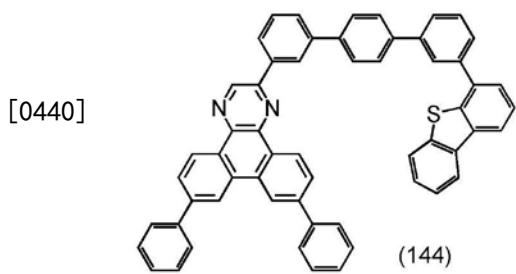
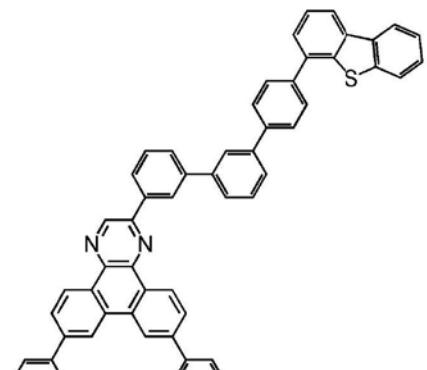
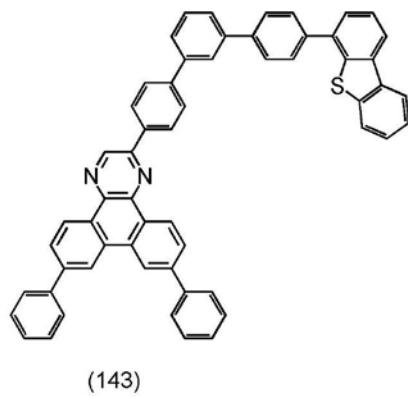
[0435] [化学式92]



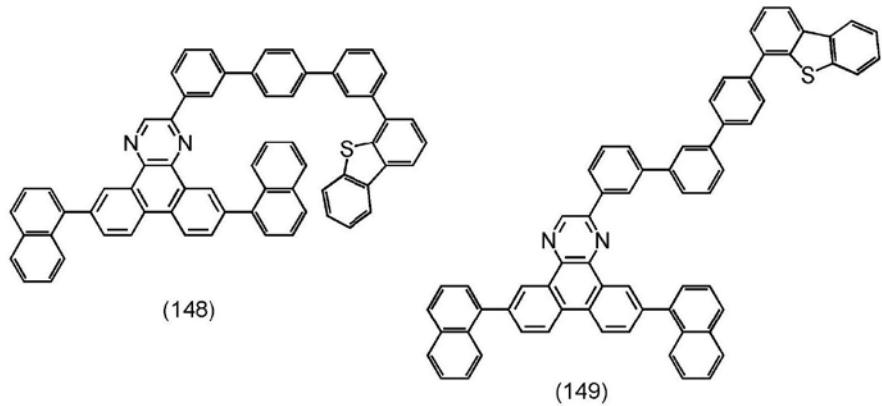
[0436] [0437] [化学式93]



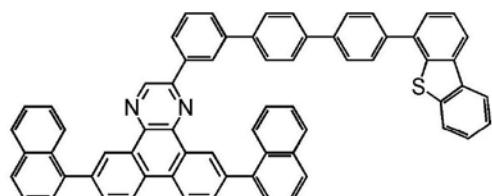
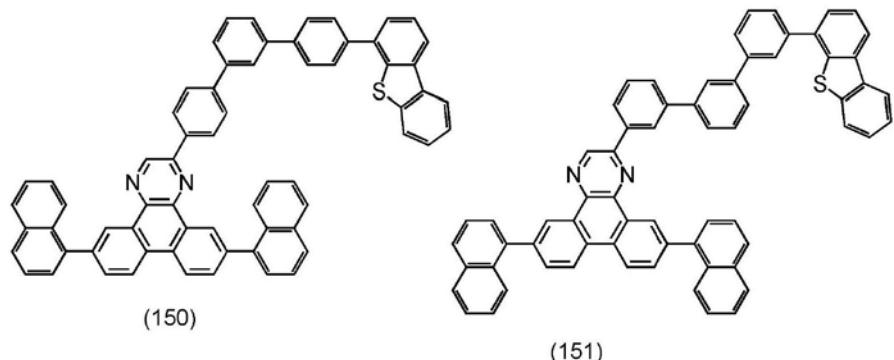
[0438] [化学式94]



[0441] [化学式95]

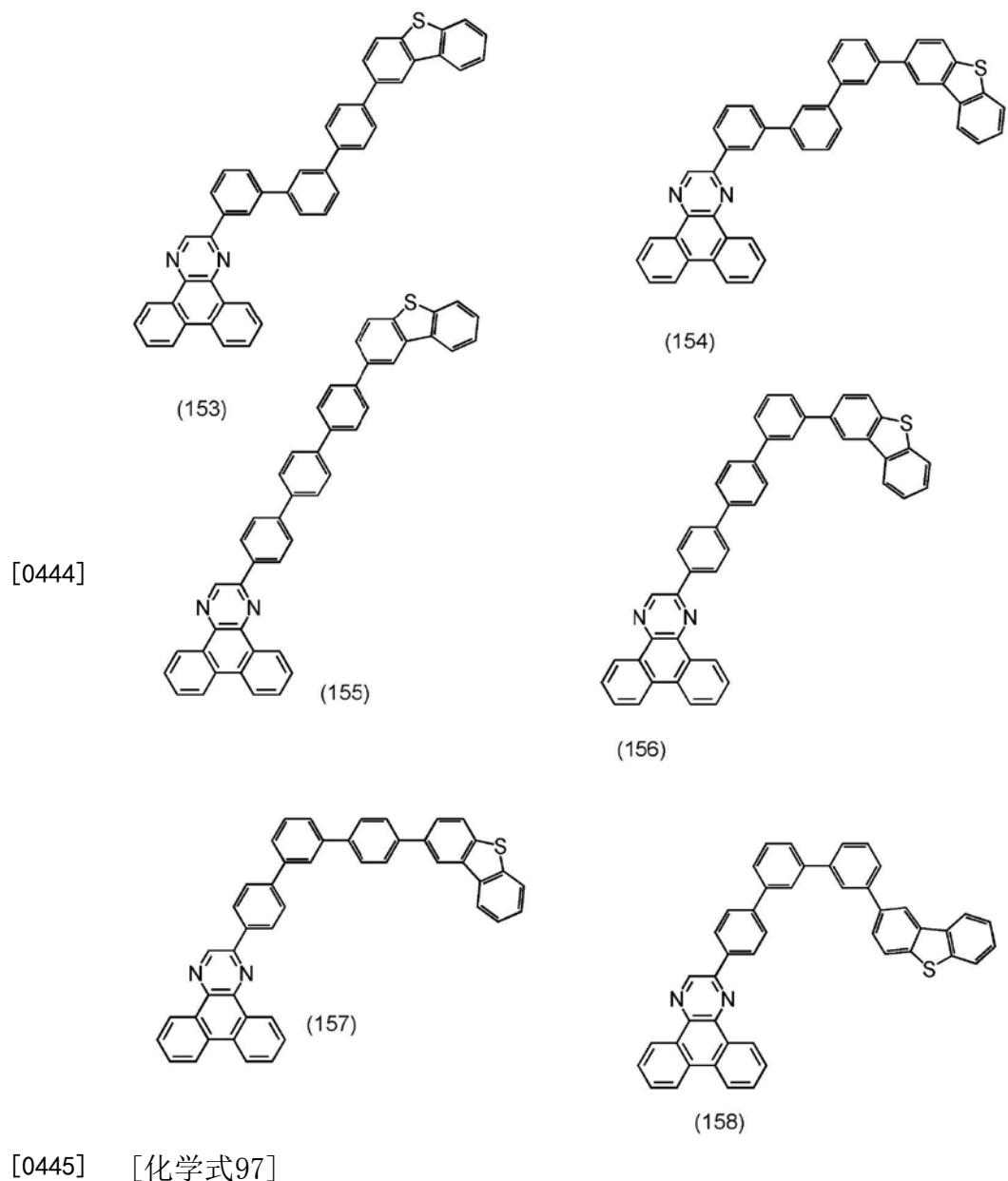


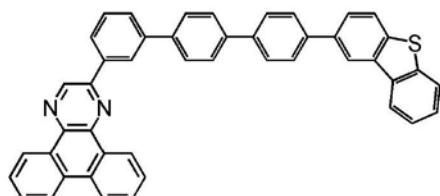
[0442]



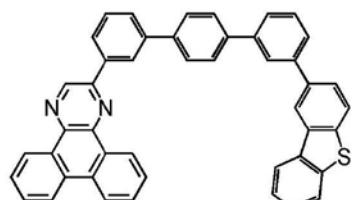
(152)

[0443] [化学式96]

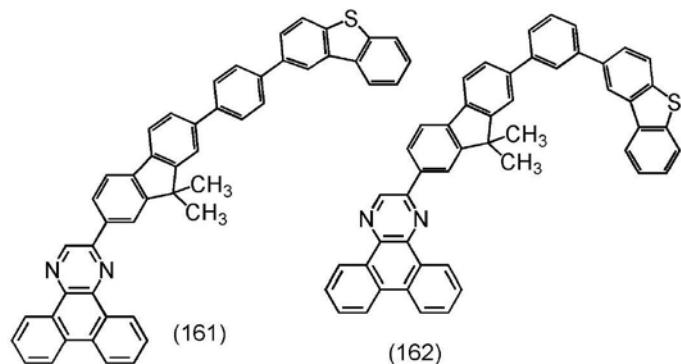




(159)

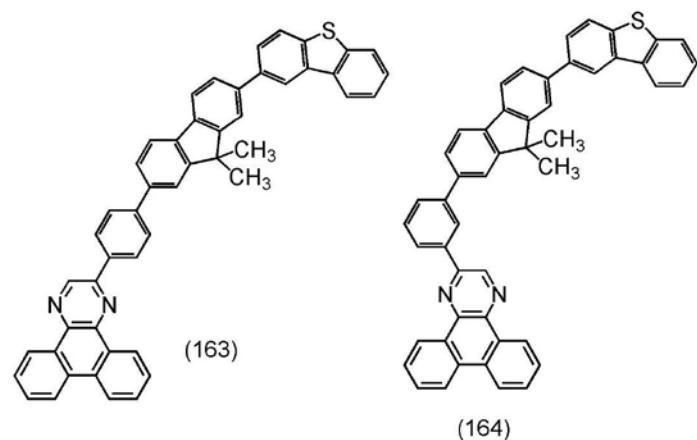


(1609)



(161)

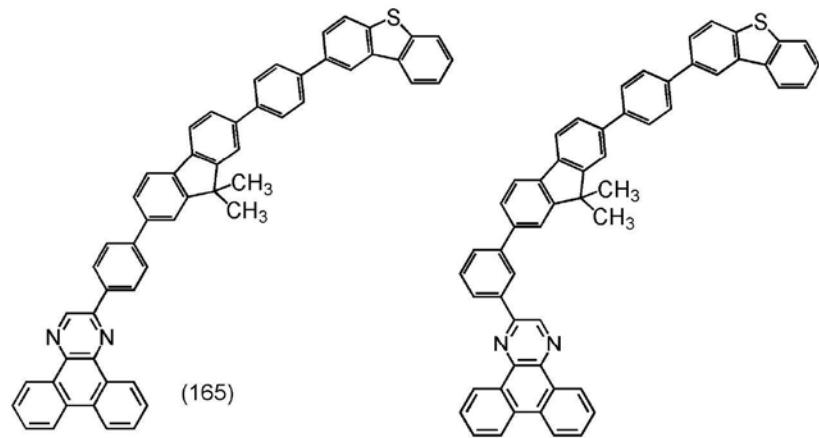
(162)



(163)

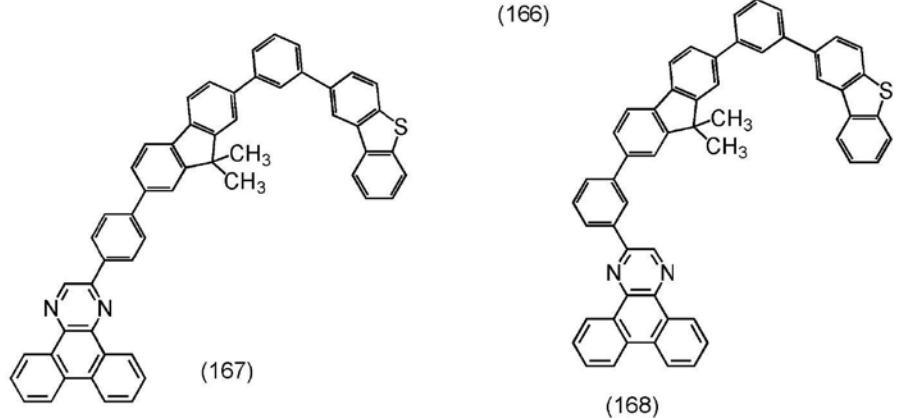
(164)

[0447] [化学式98]



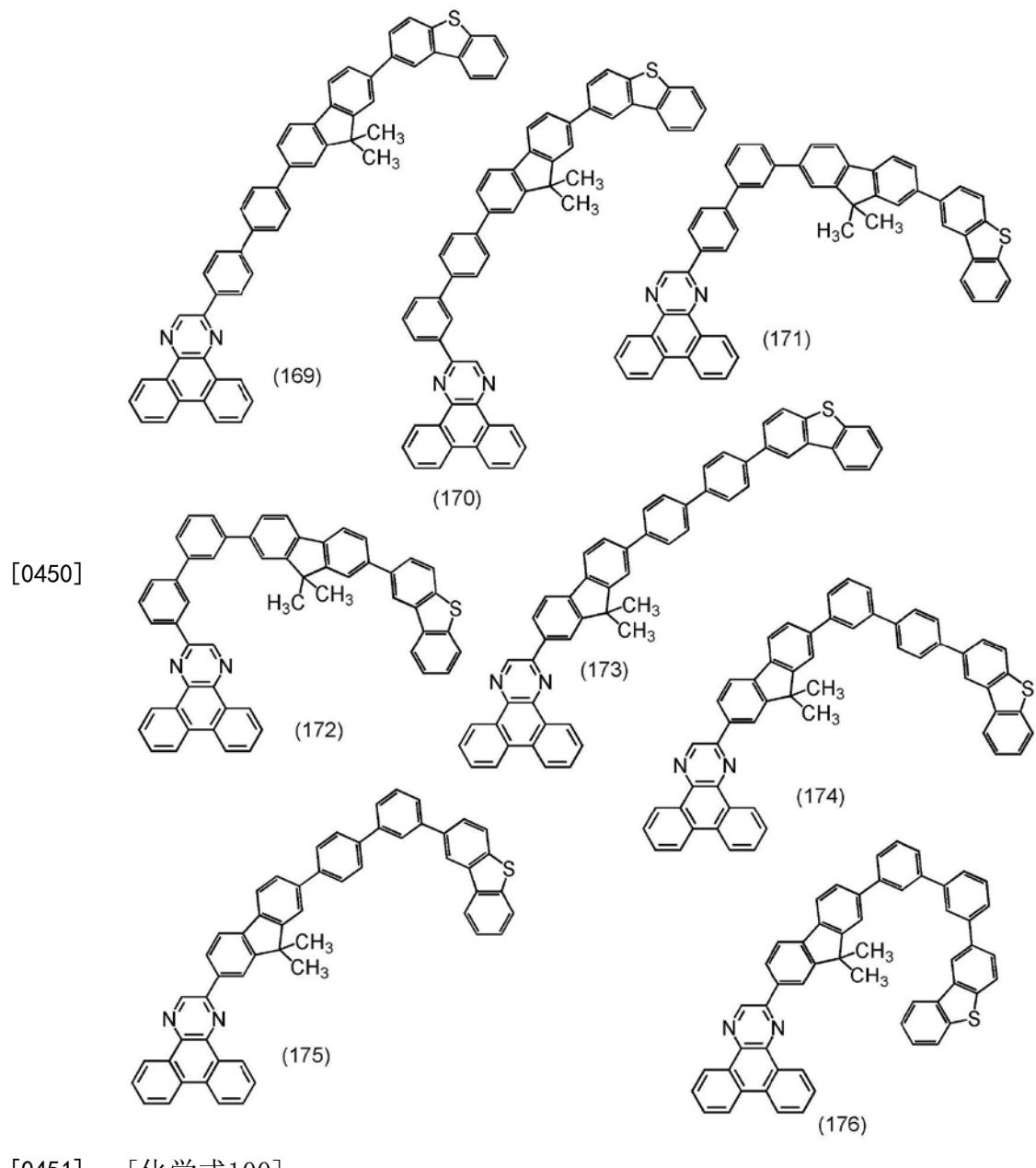
[0448]

(166)

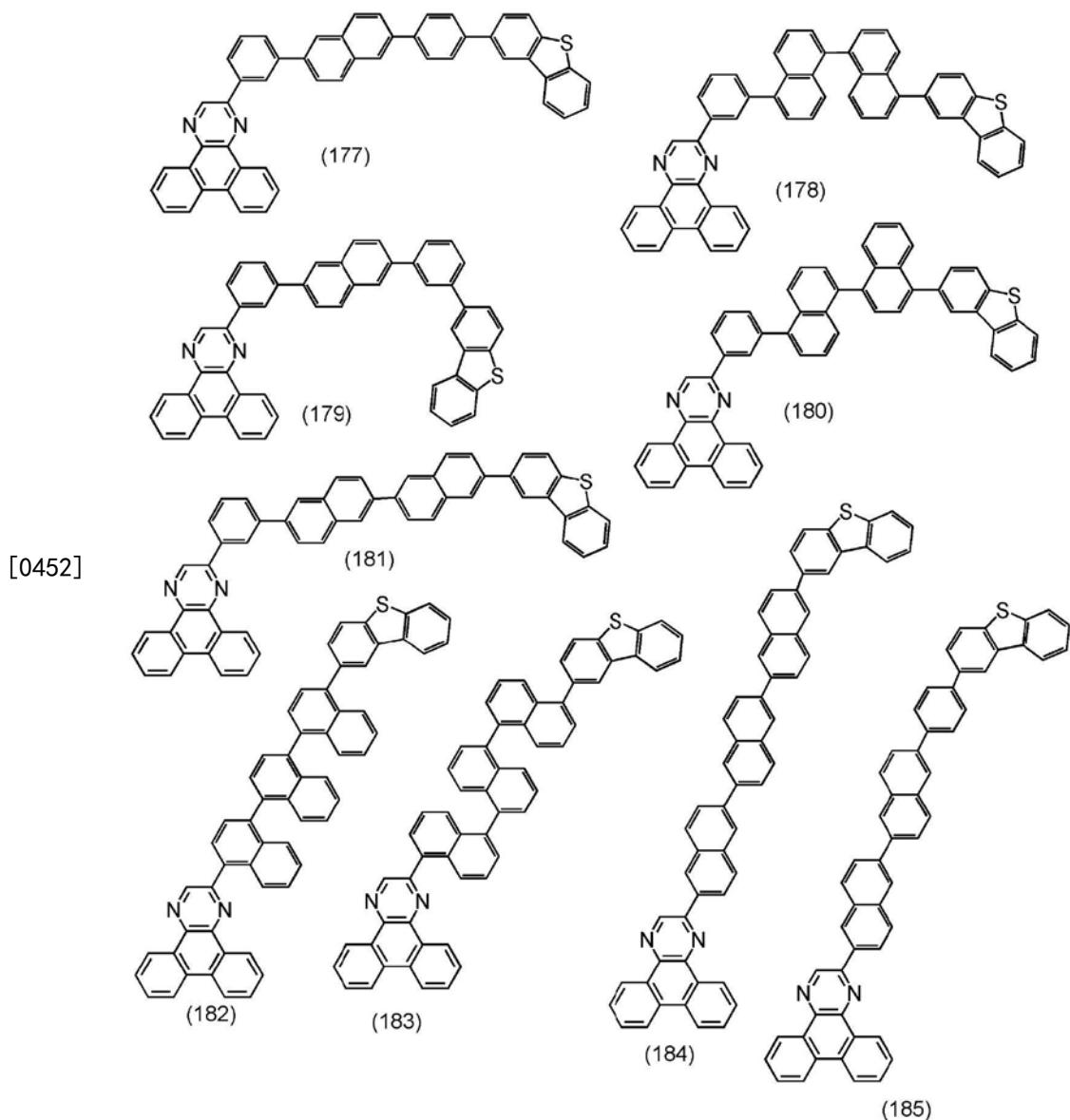


(168)

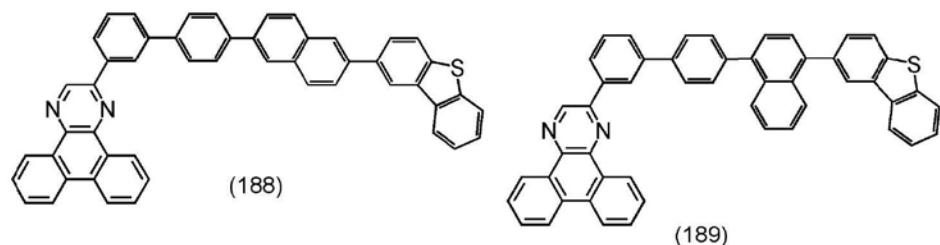
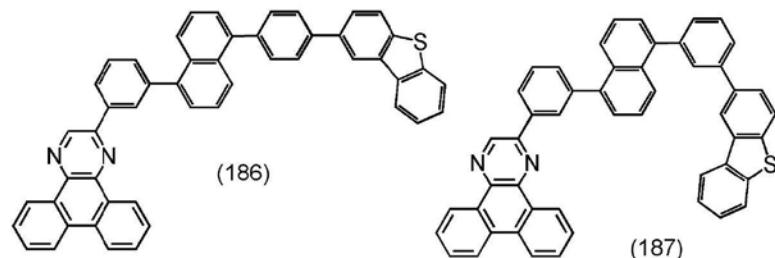
[0449] [化学式99]



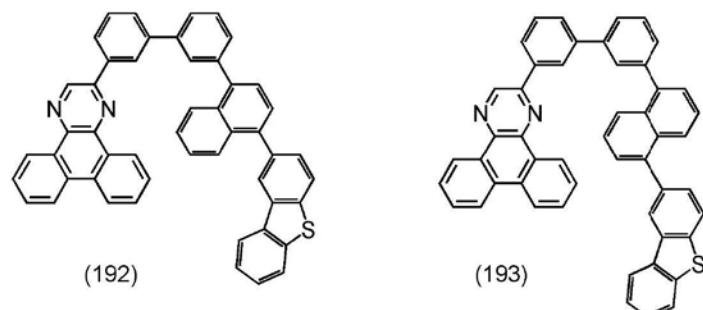
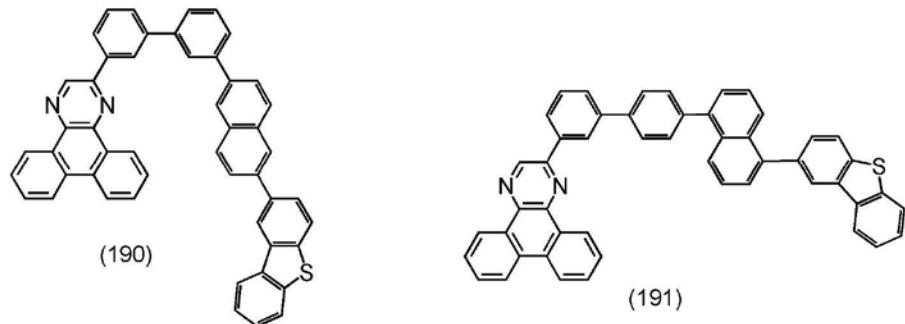
[0451] [化学式100]



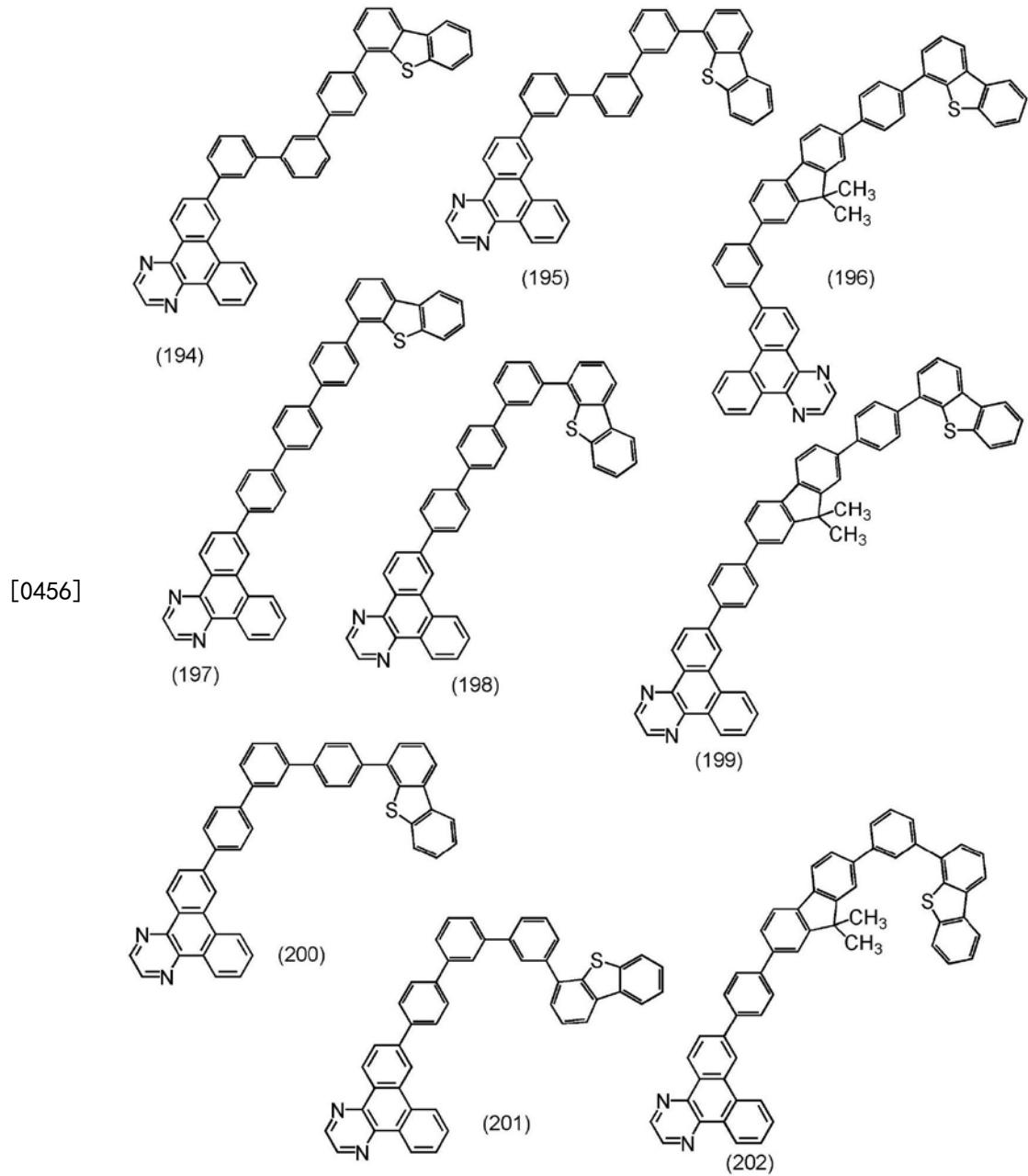
[0453] [化学式101]



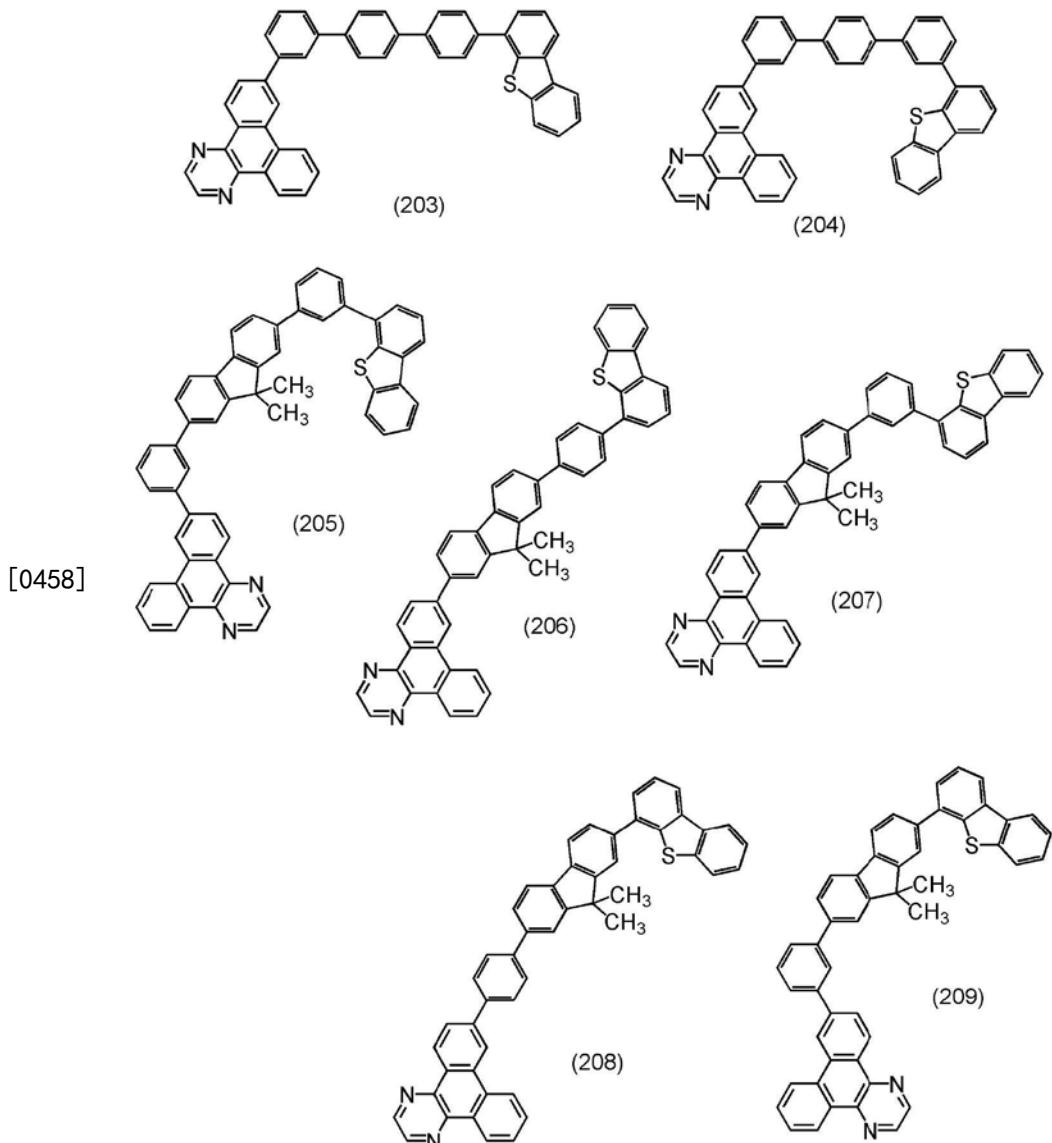
[0454]



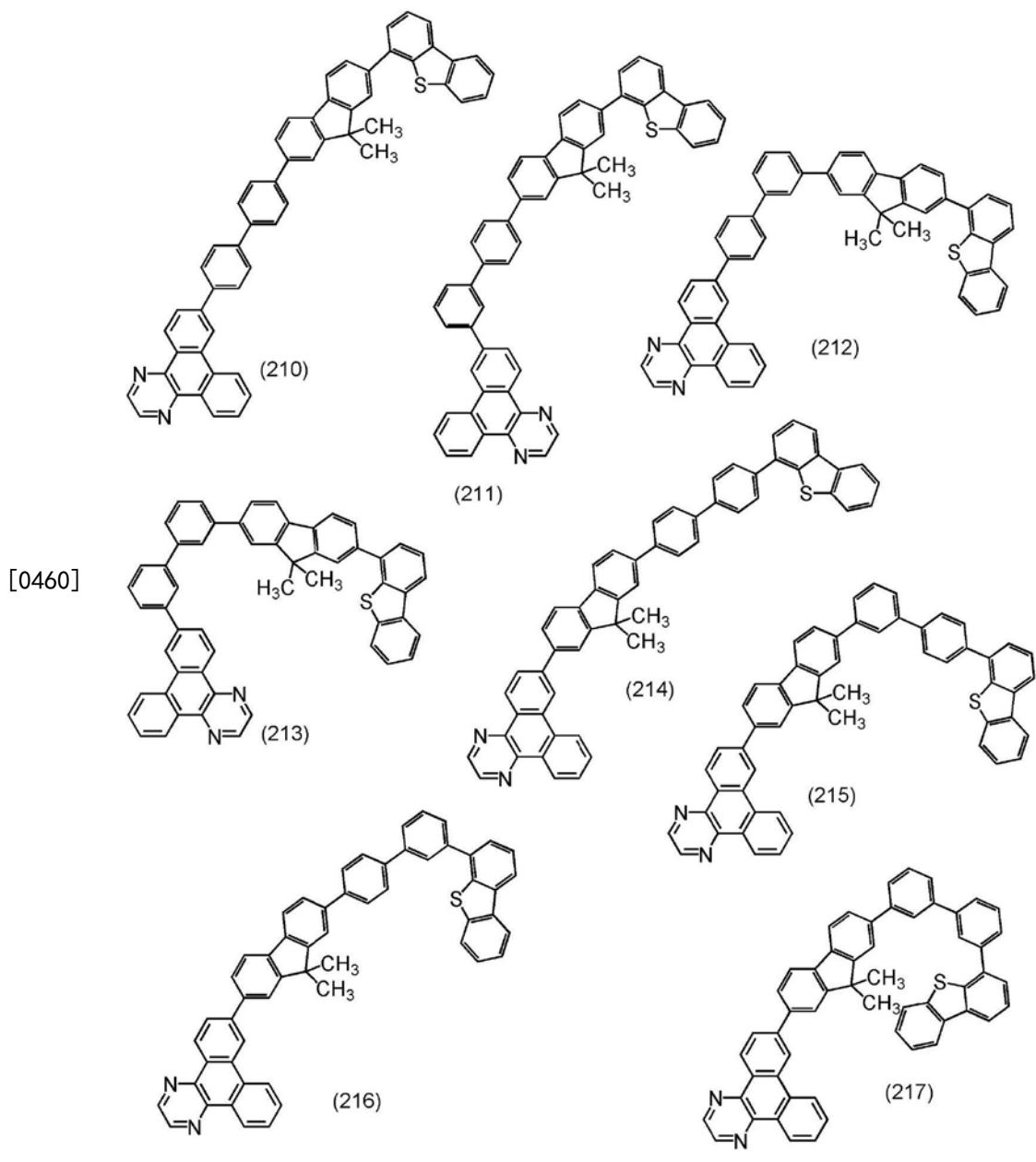
[0455] [化学式102]

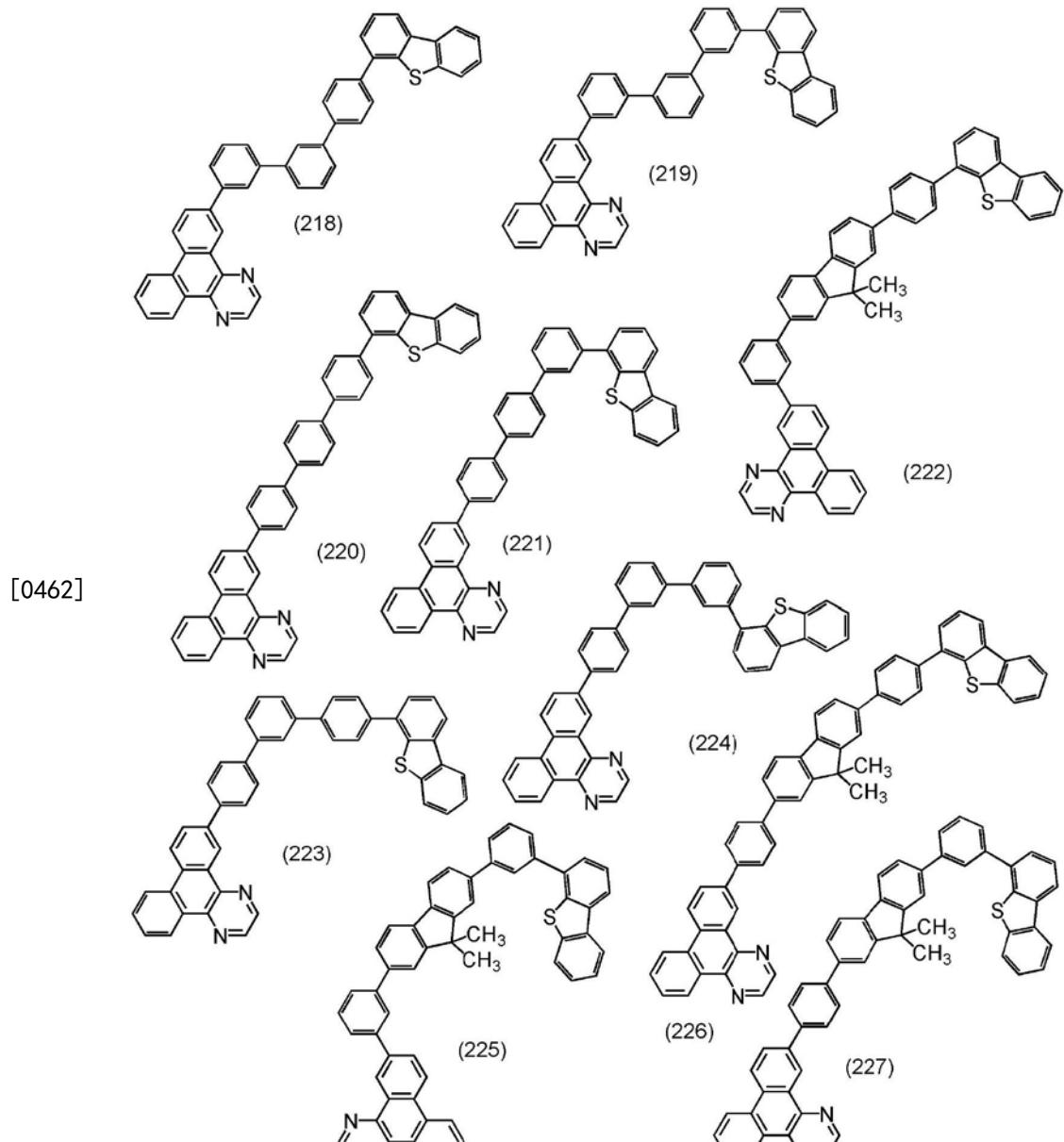


[0457] [化学式103]

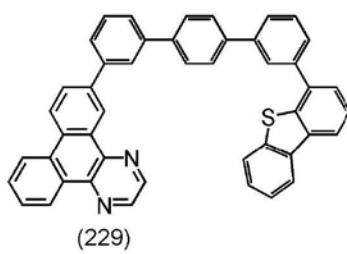
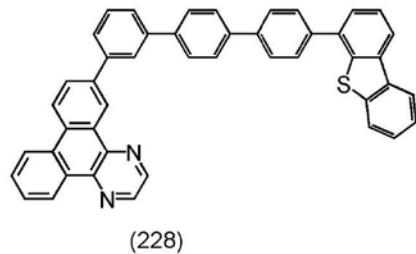


[0458] [0459] [化学式104]

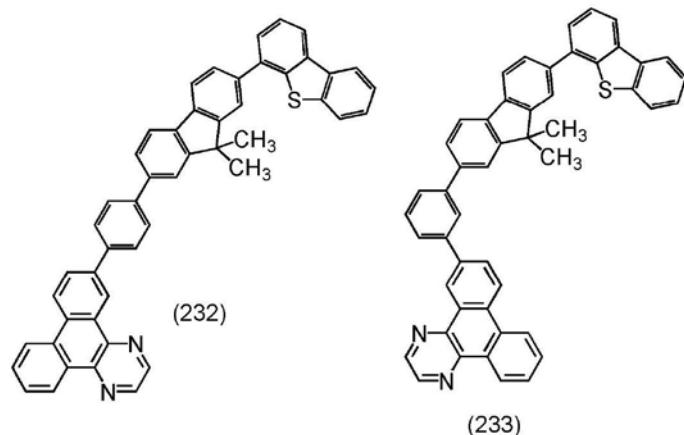
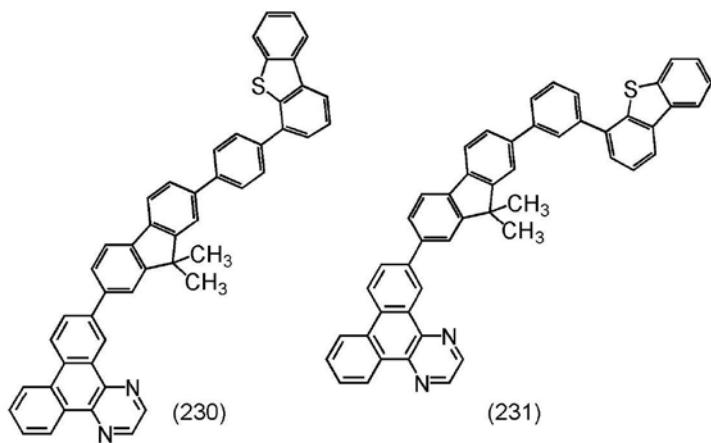




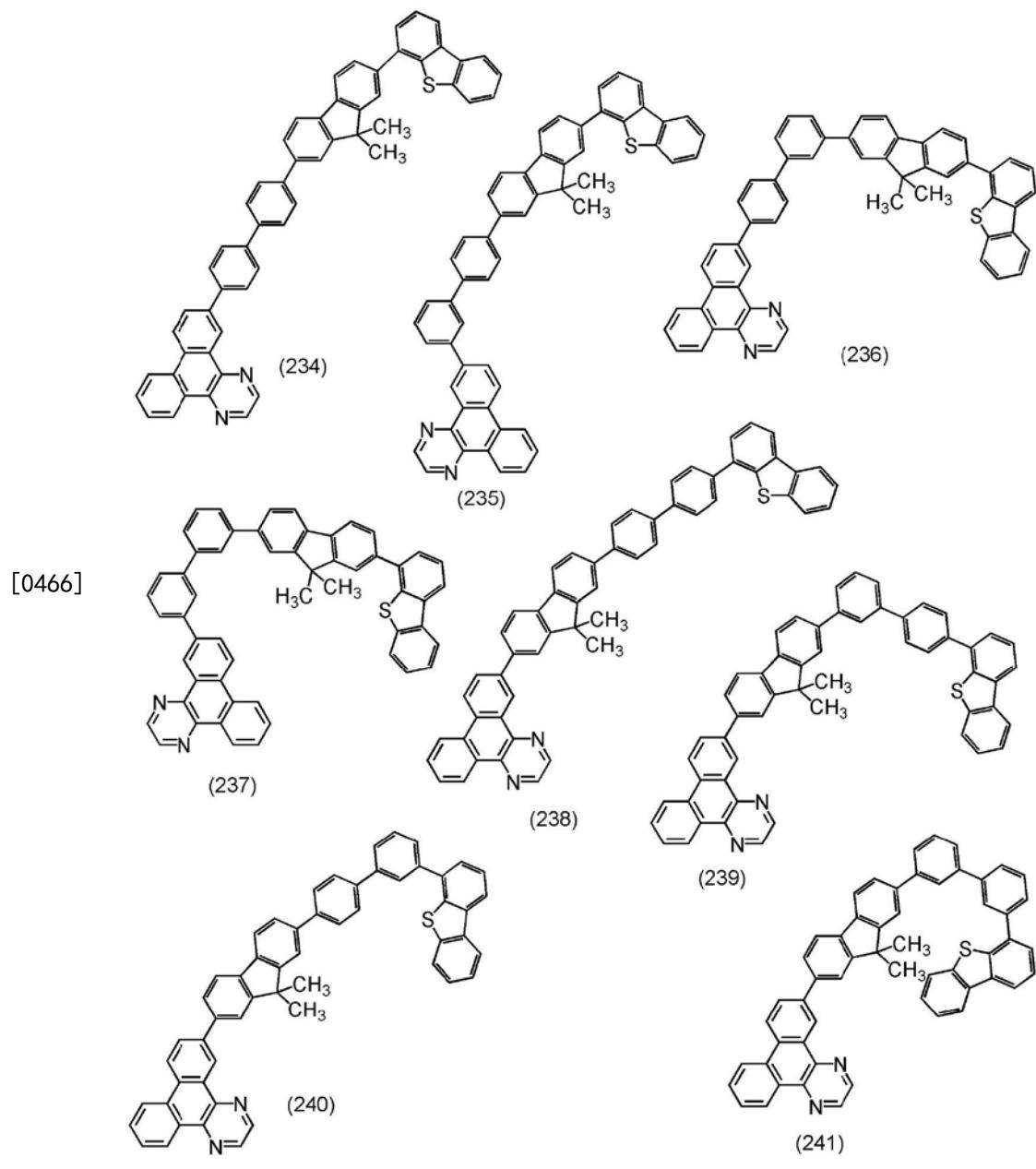
[0463] [化学式106]



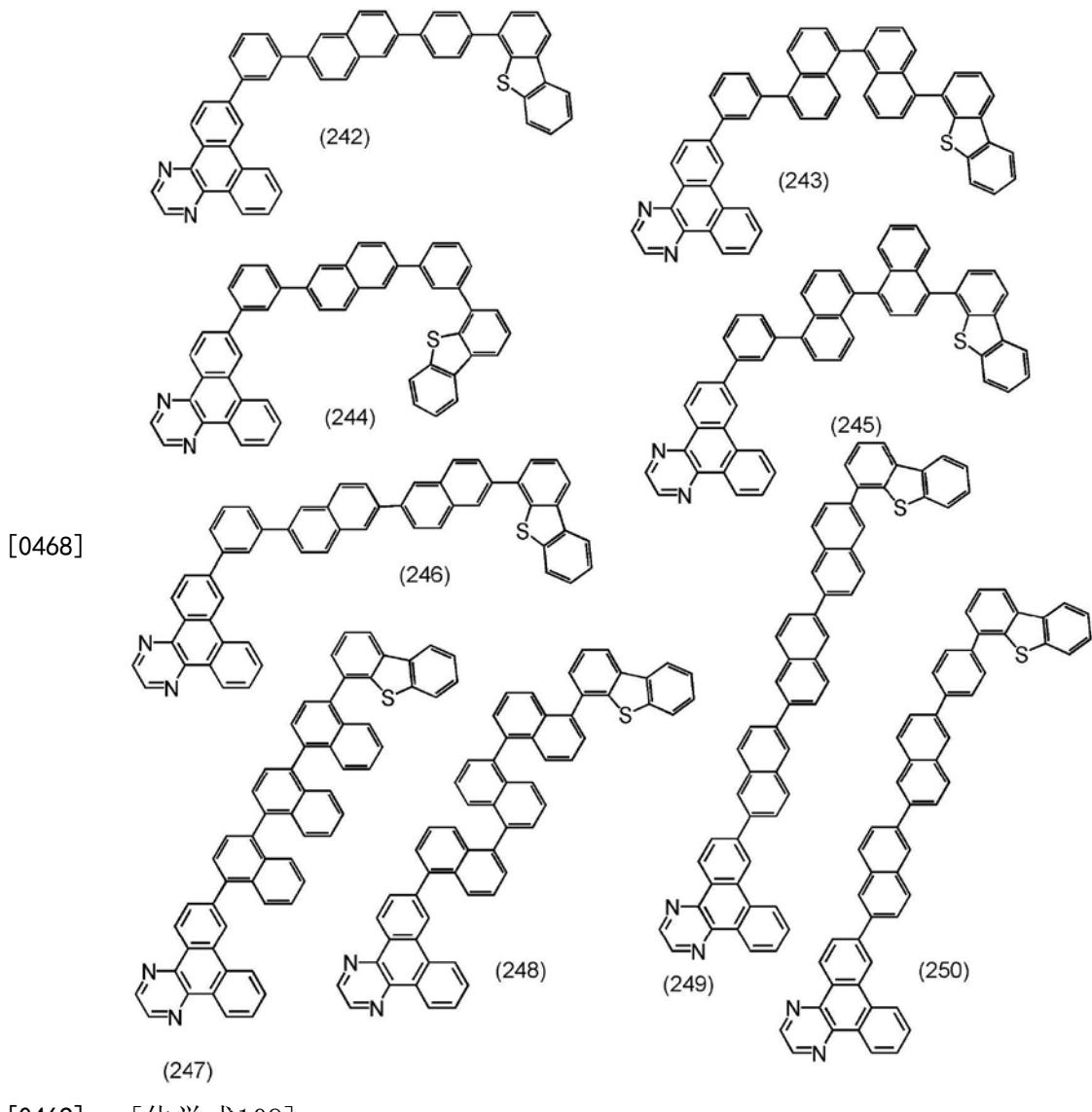
[0464]

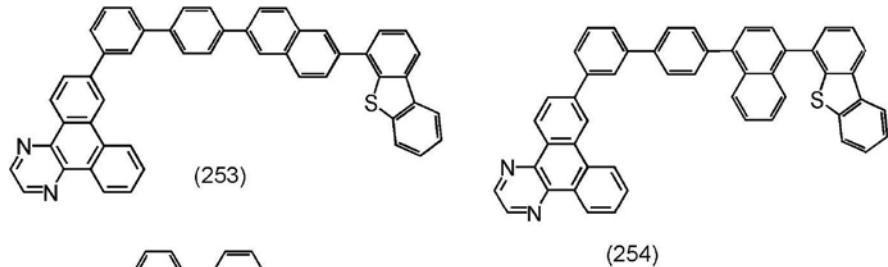
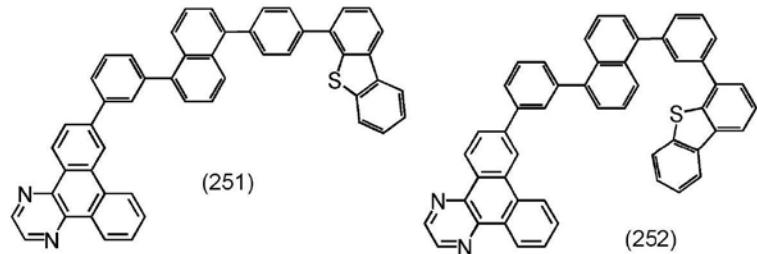


[0465] [化学式107]

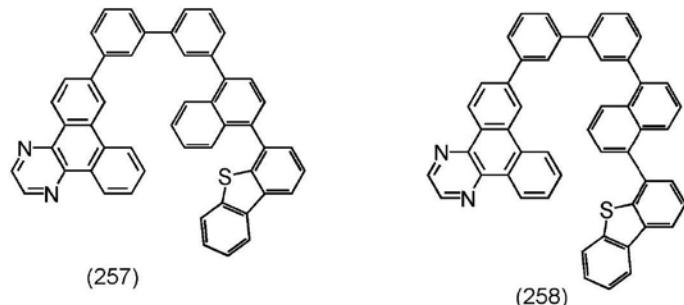
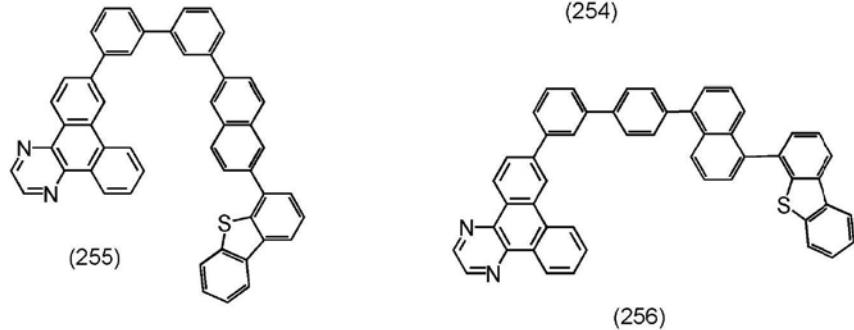


[0467] [化学式108]

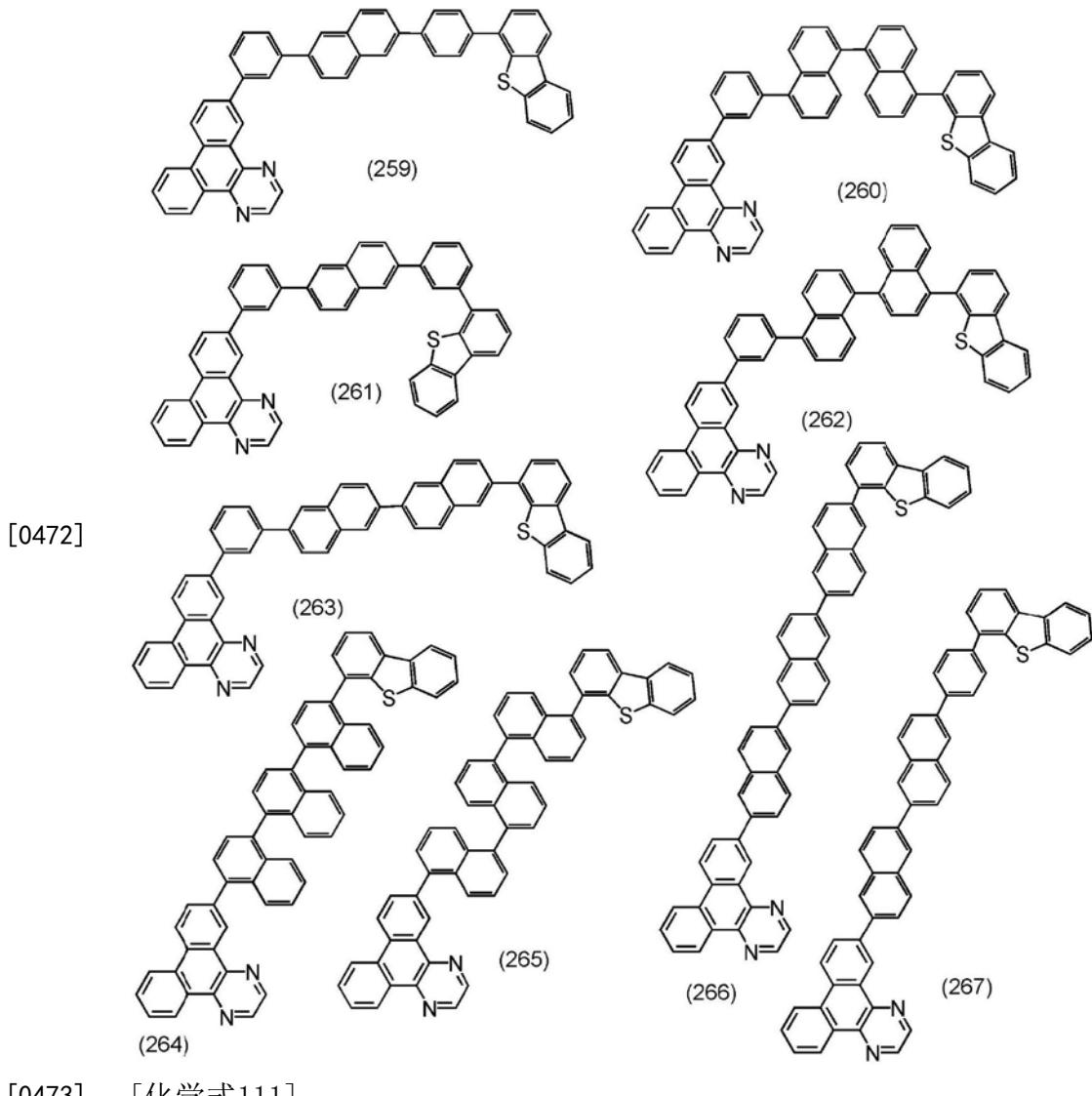


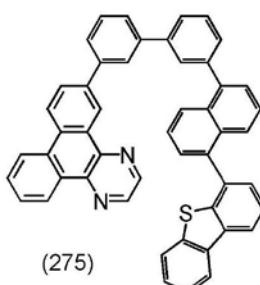
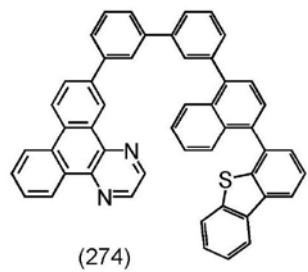
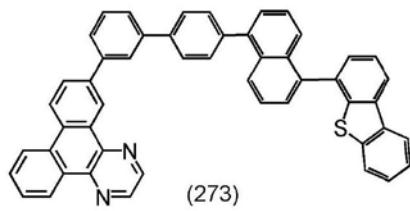
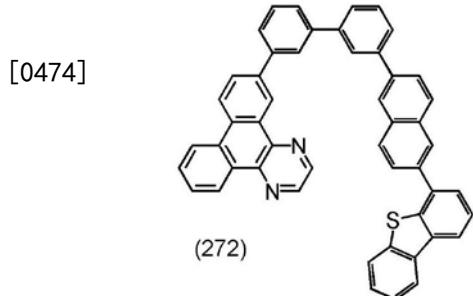
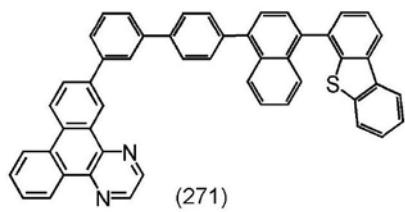
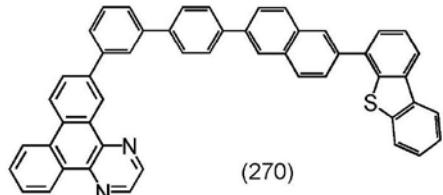
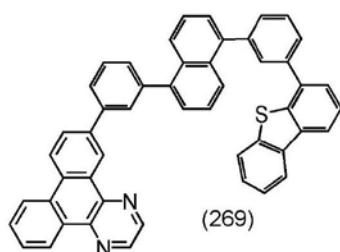
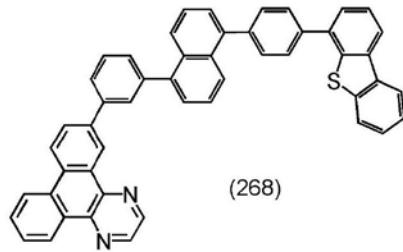


[0470]

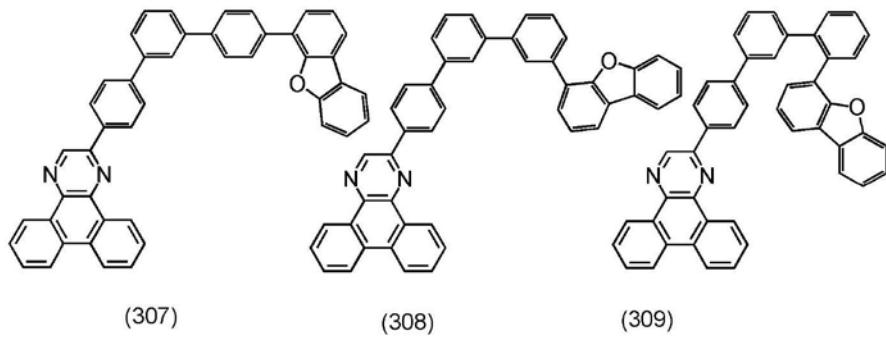
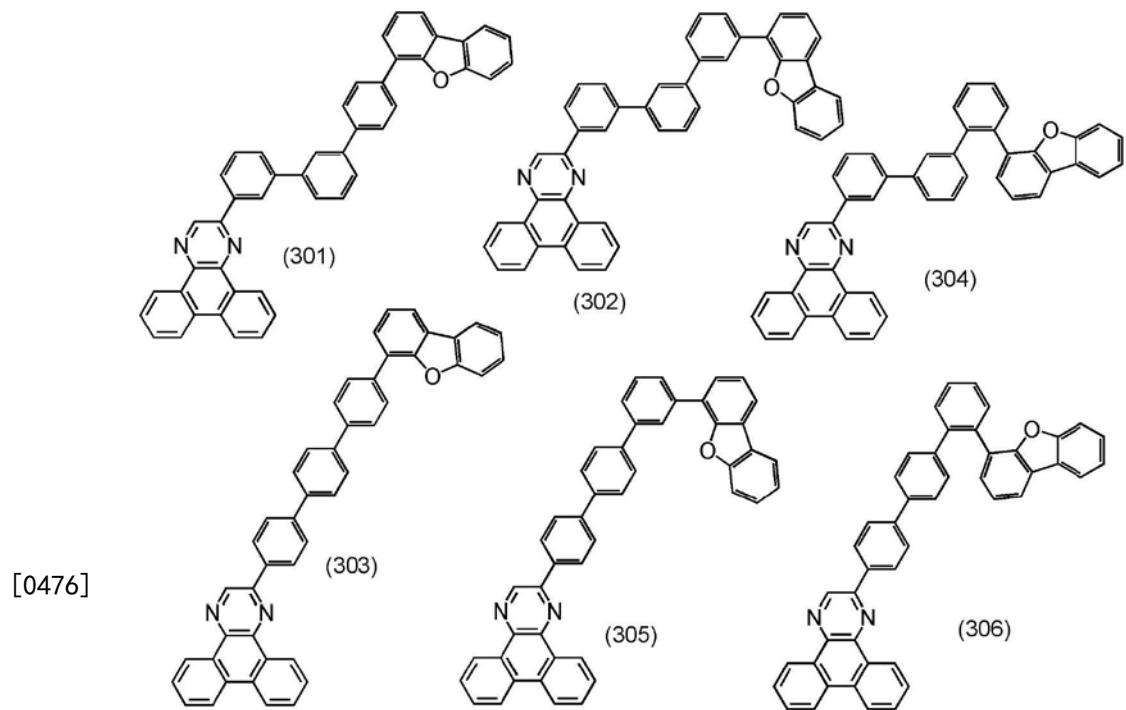


[0471] [化学式110]

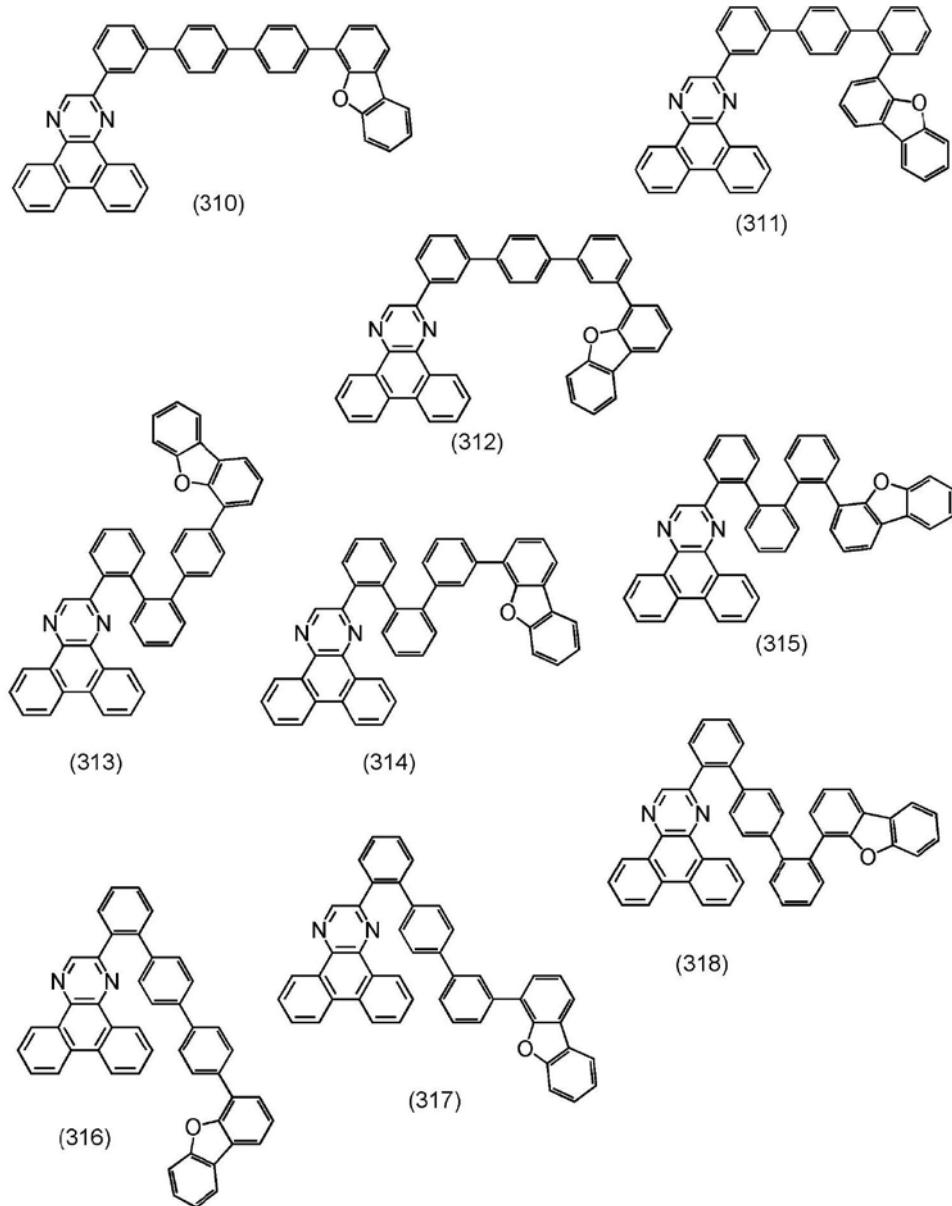




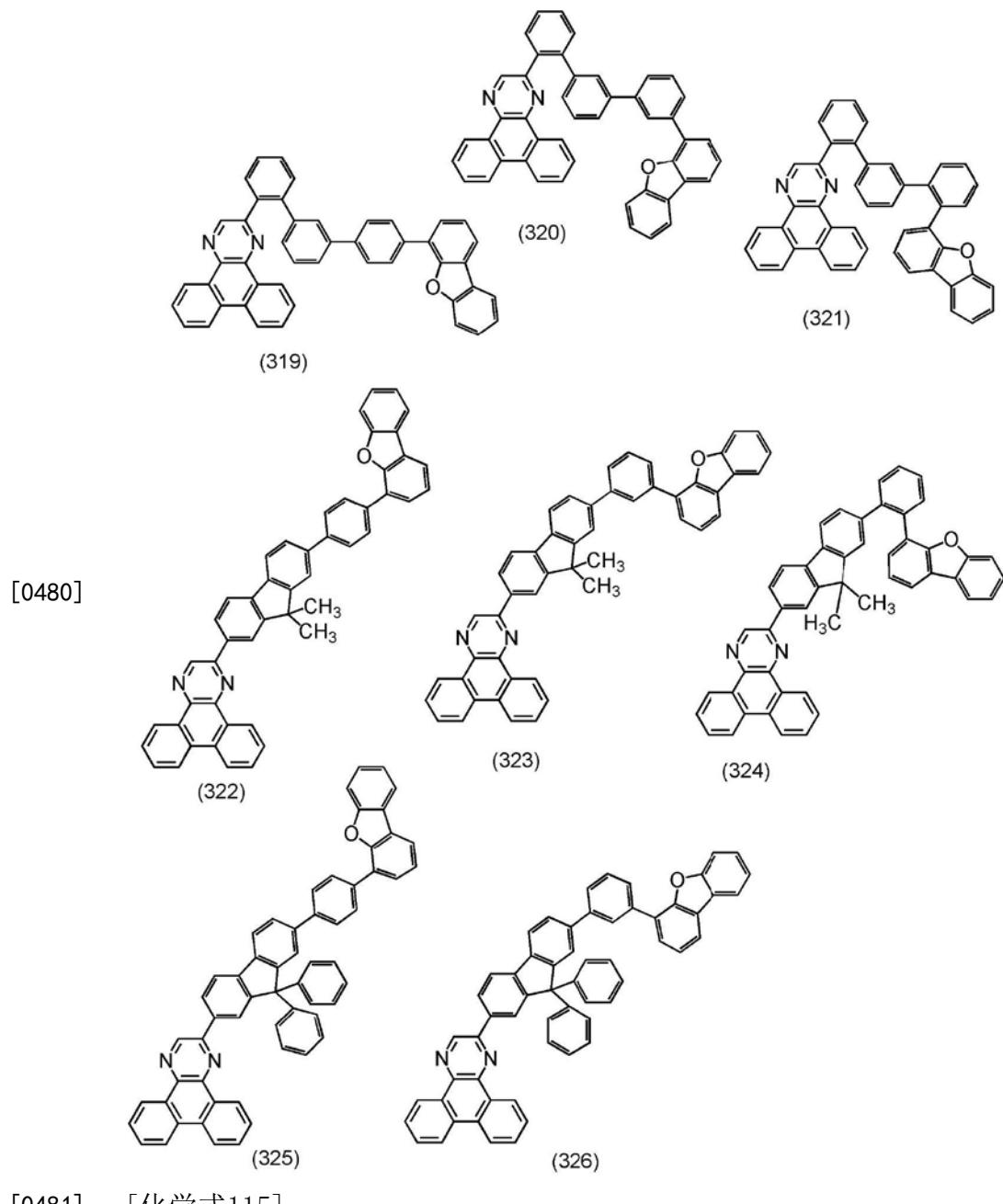
[0475] [化学式112]

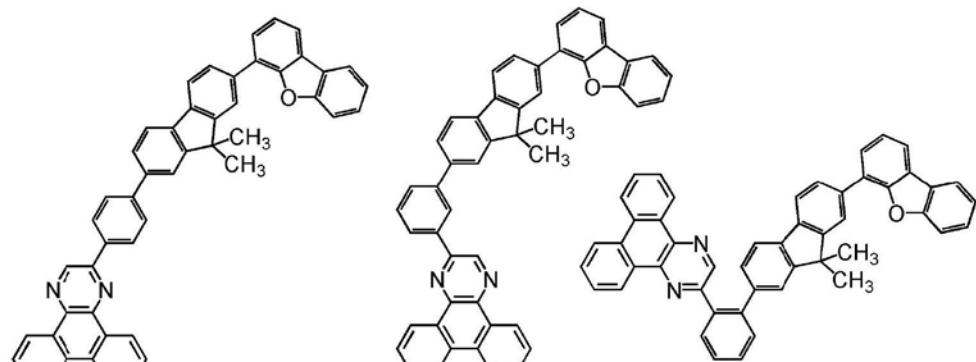


[0477] [化学式113]

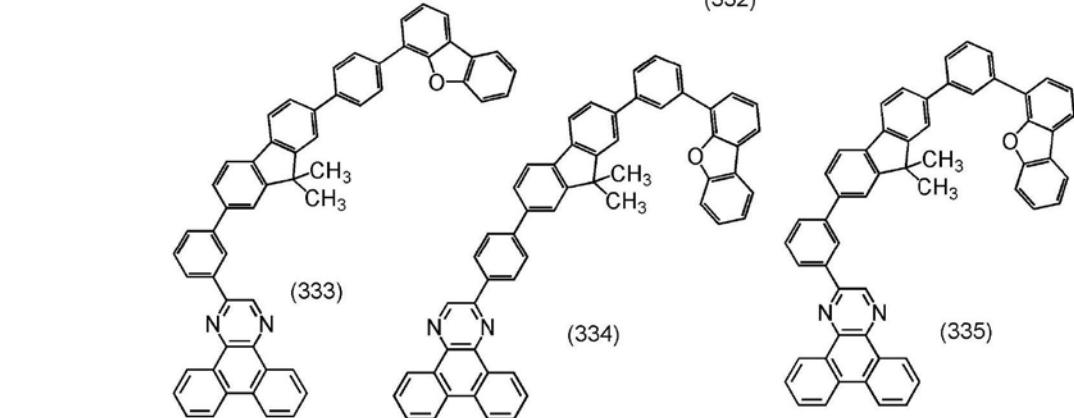
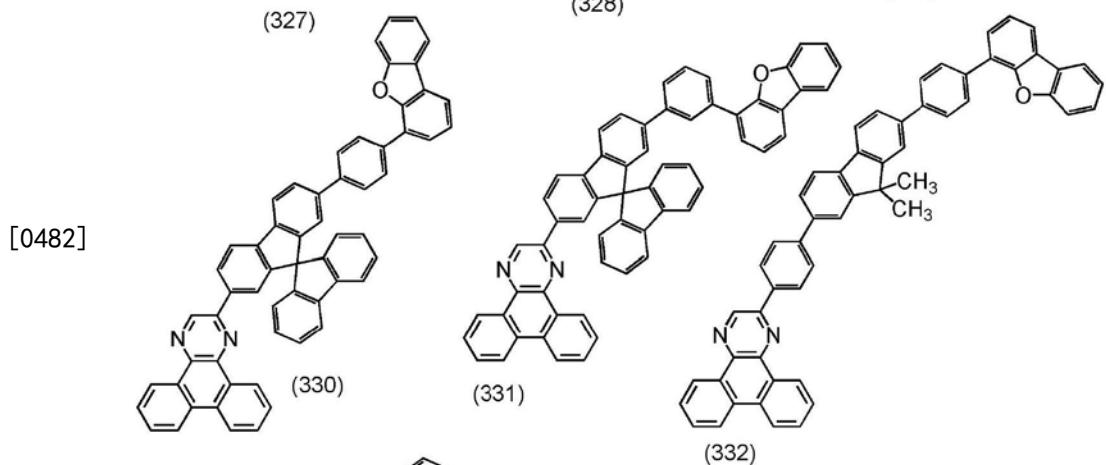


[0478] [0479] [化学式114]

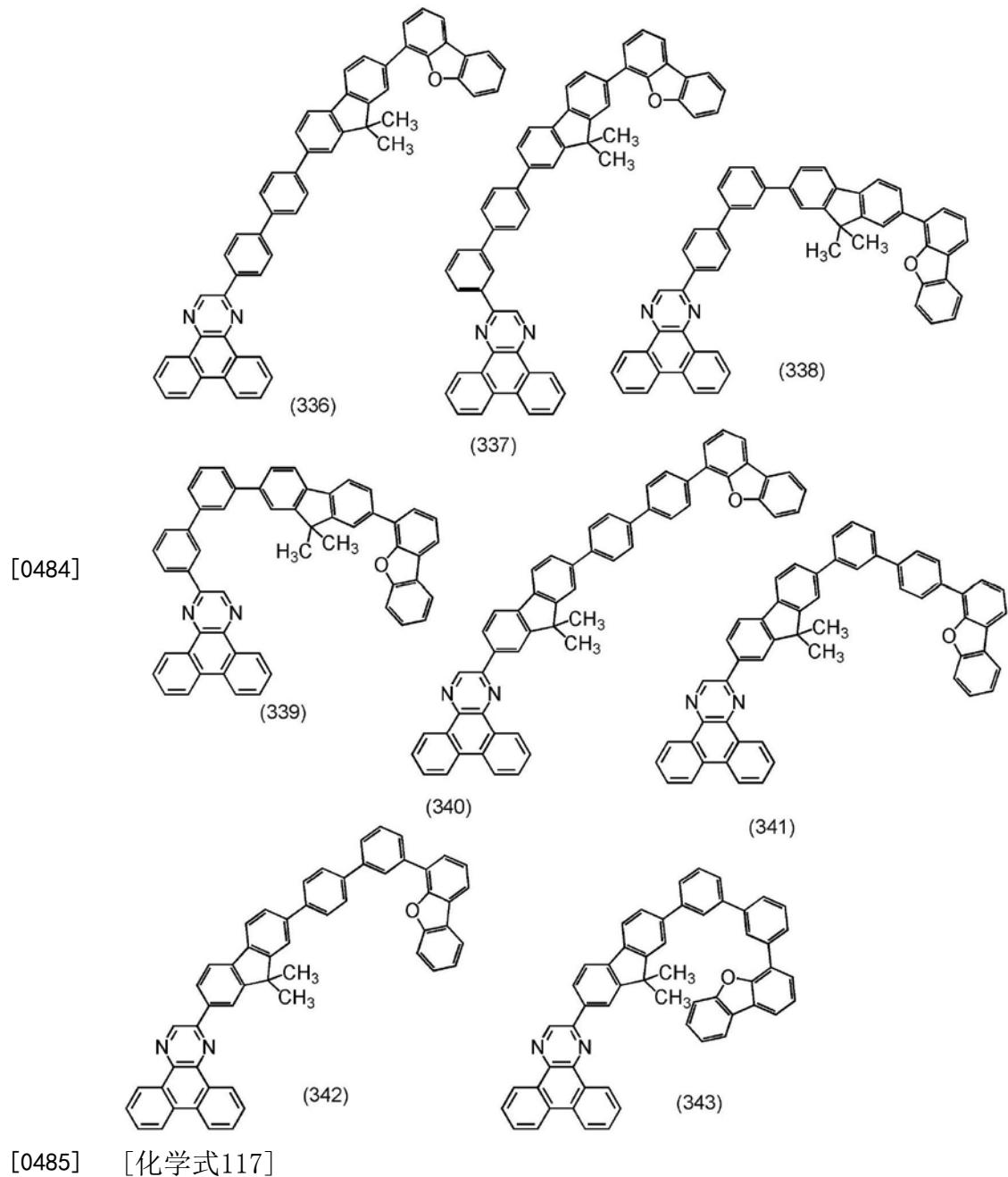


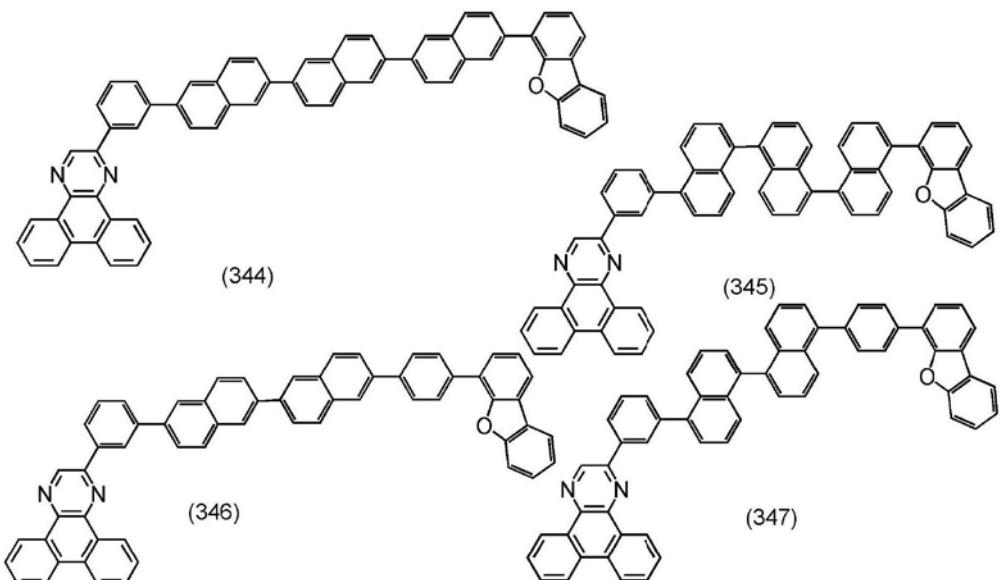


(329)

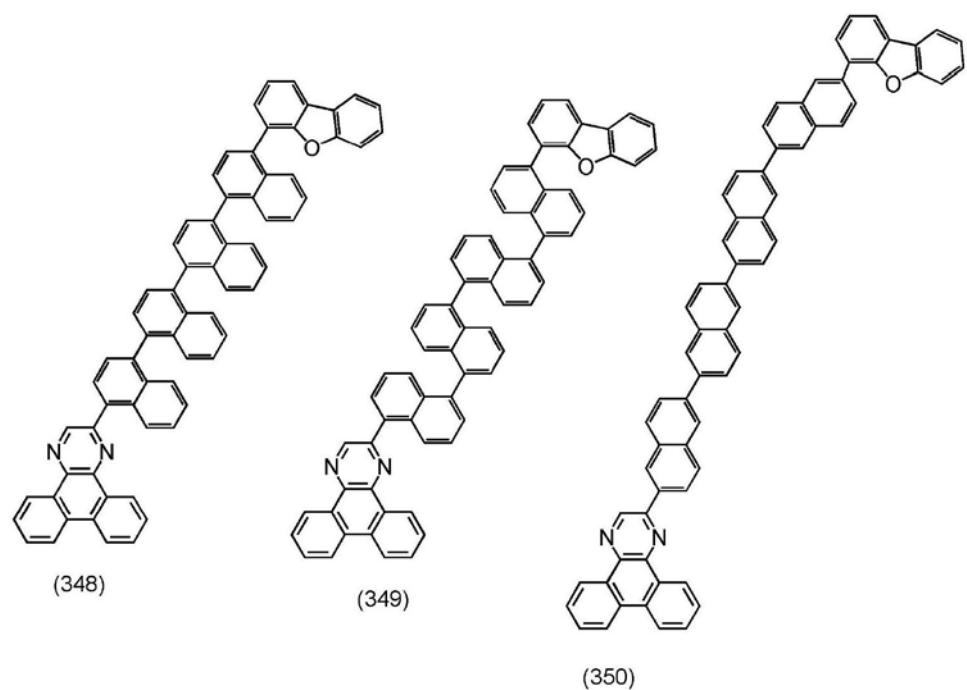


[0483] [化学式116]

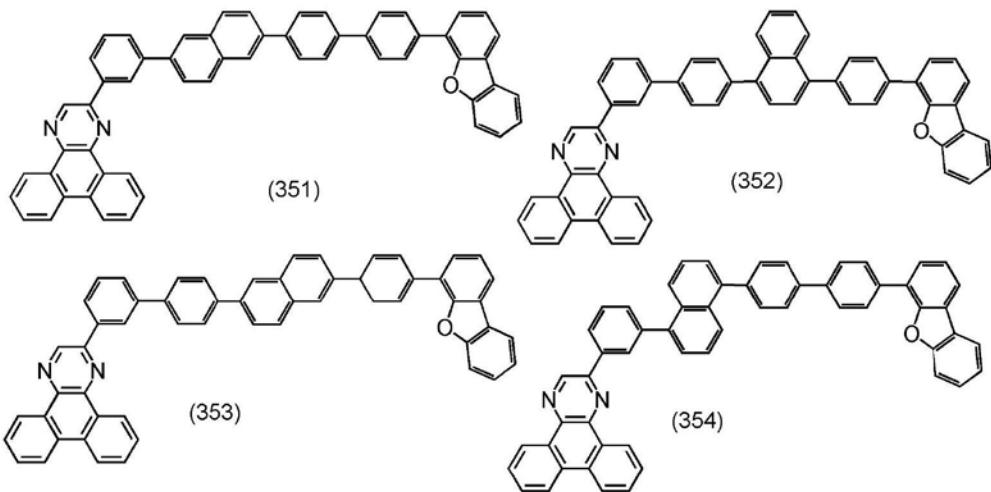




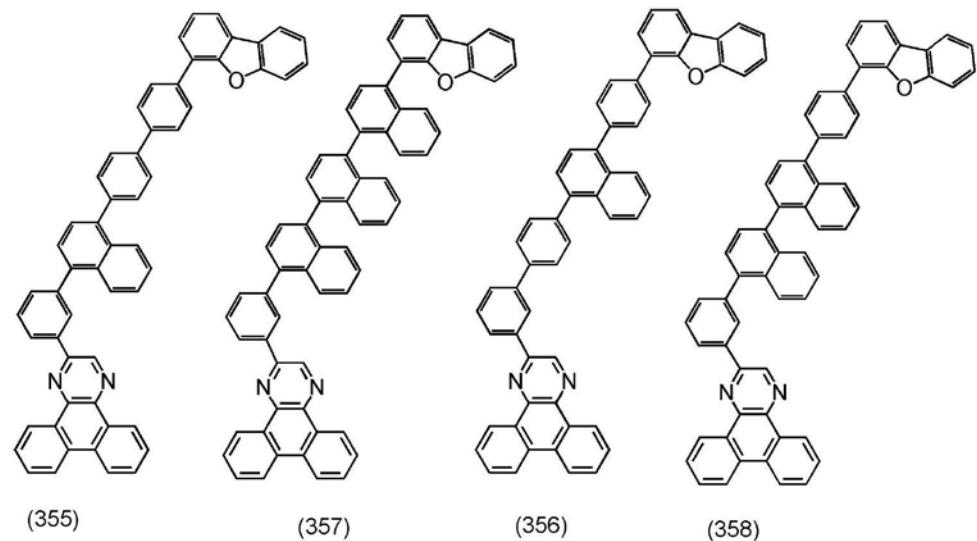
[0486]



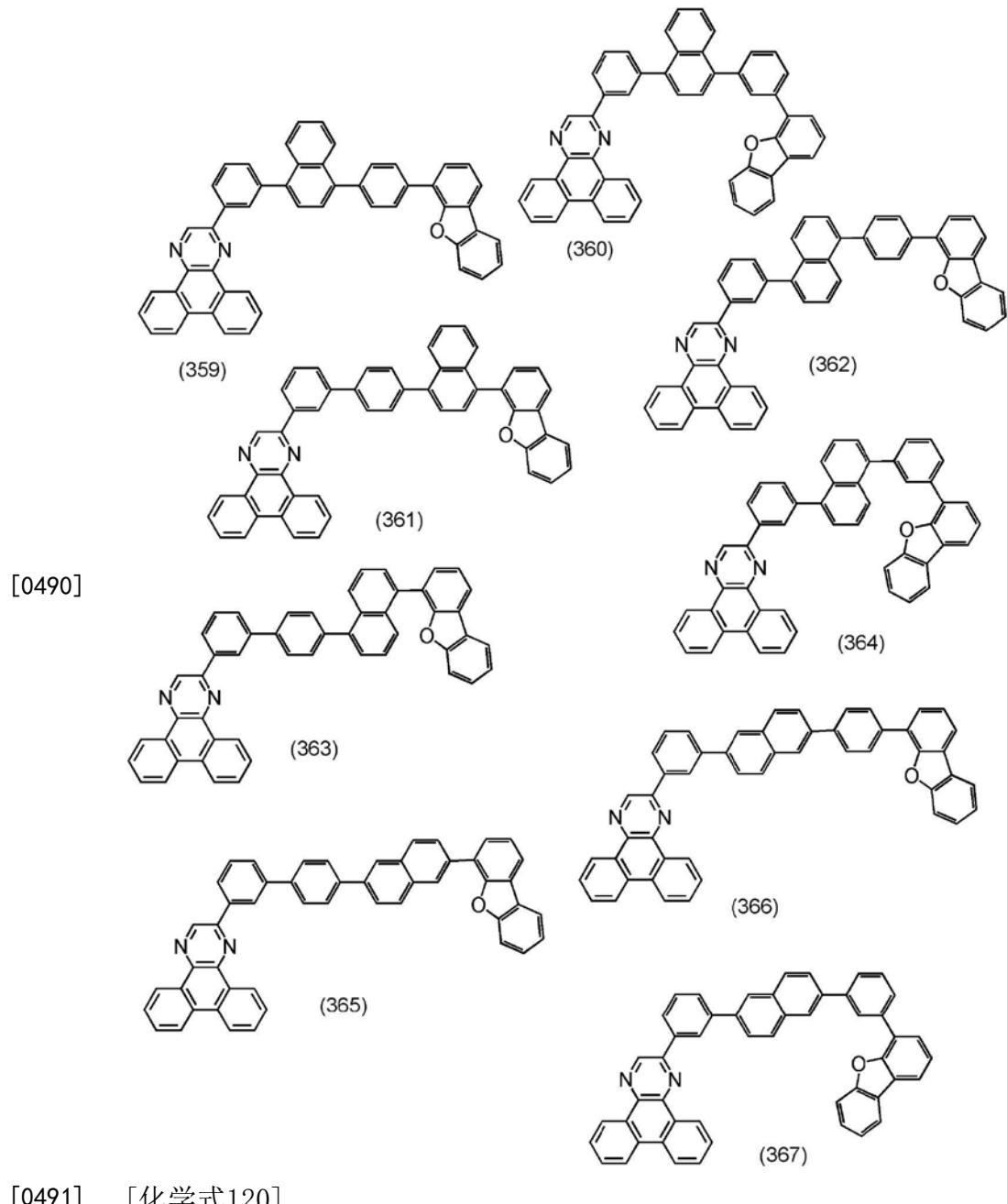
[0487] [化学式118]

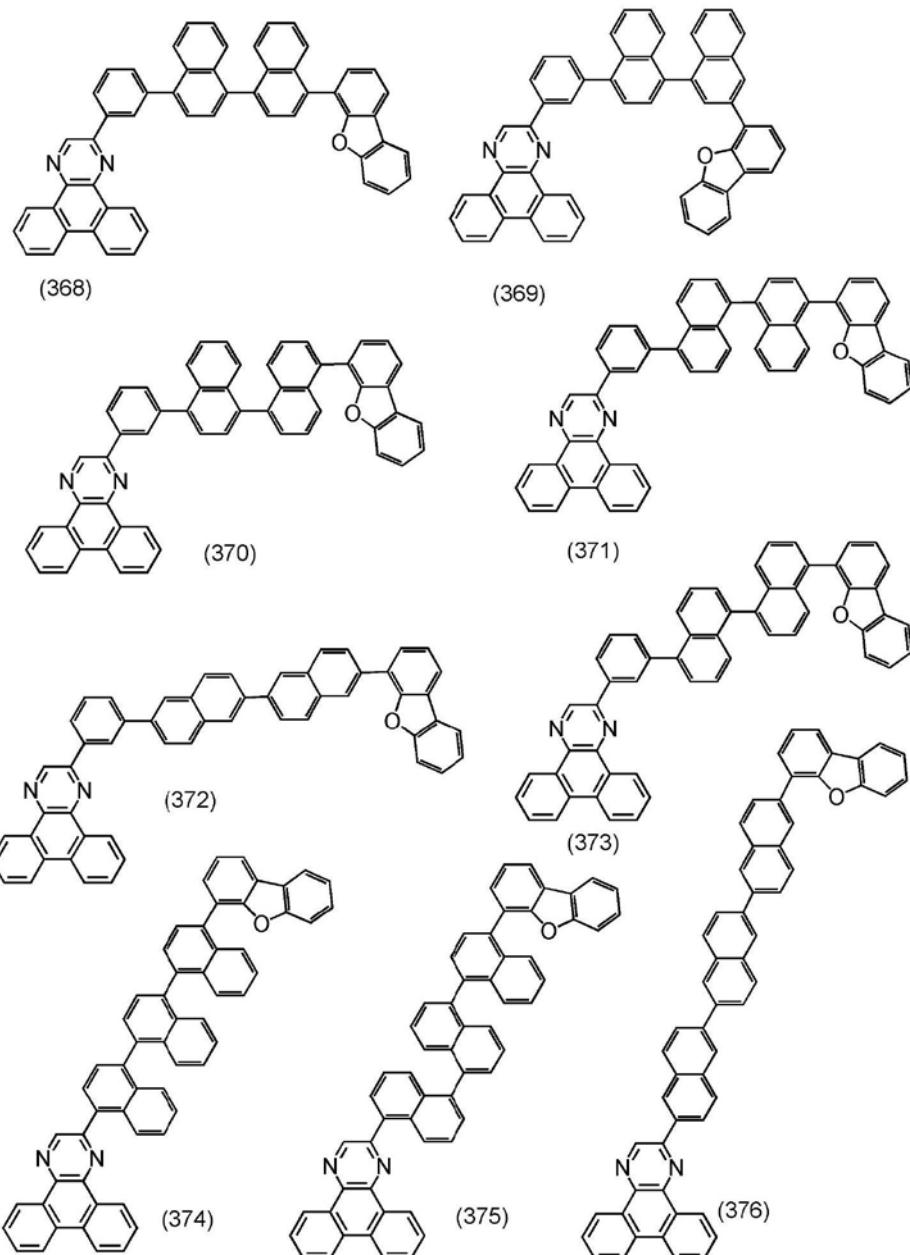


[0488]



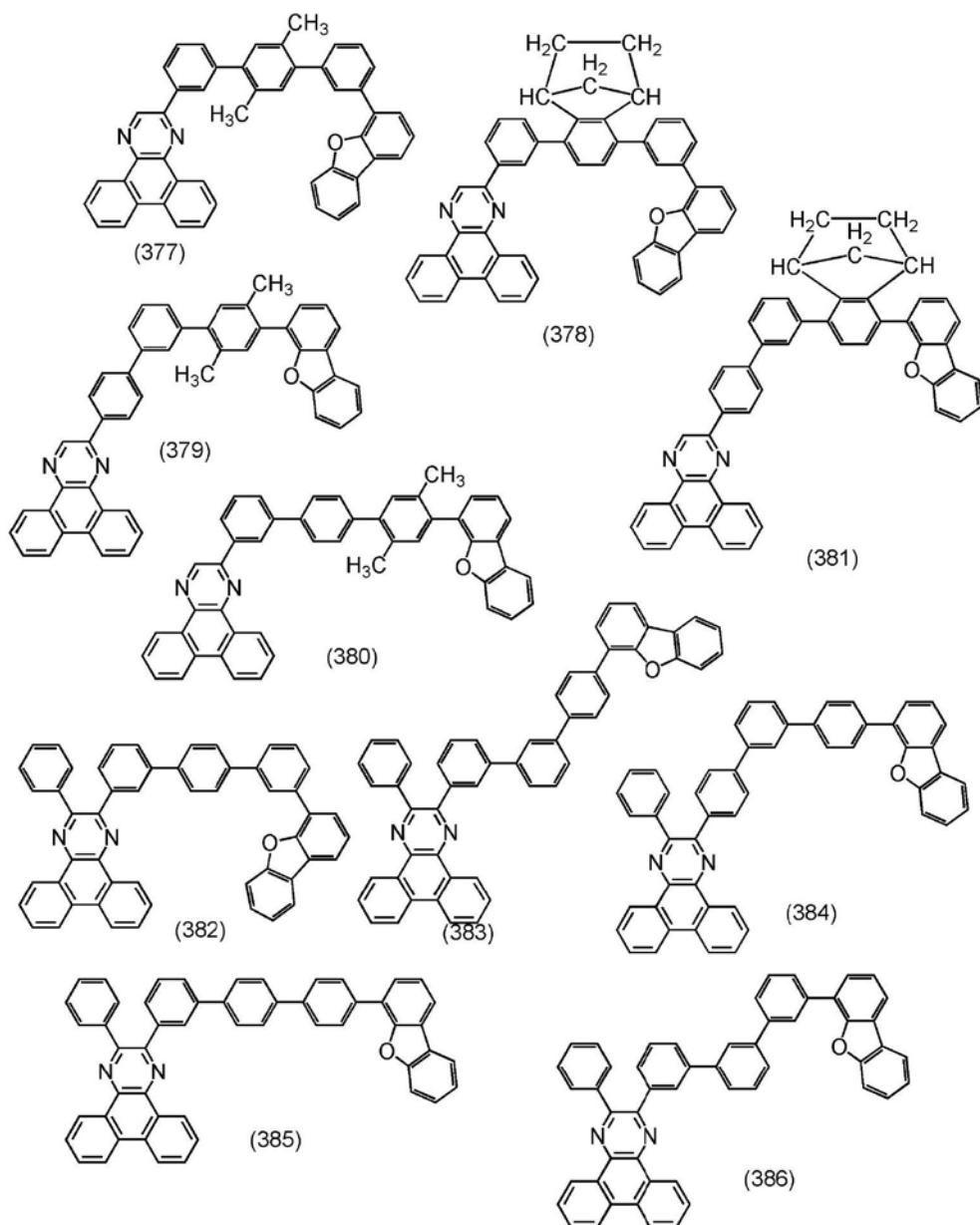
[0489] [化学式119]





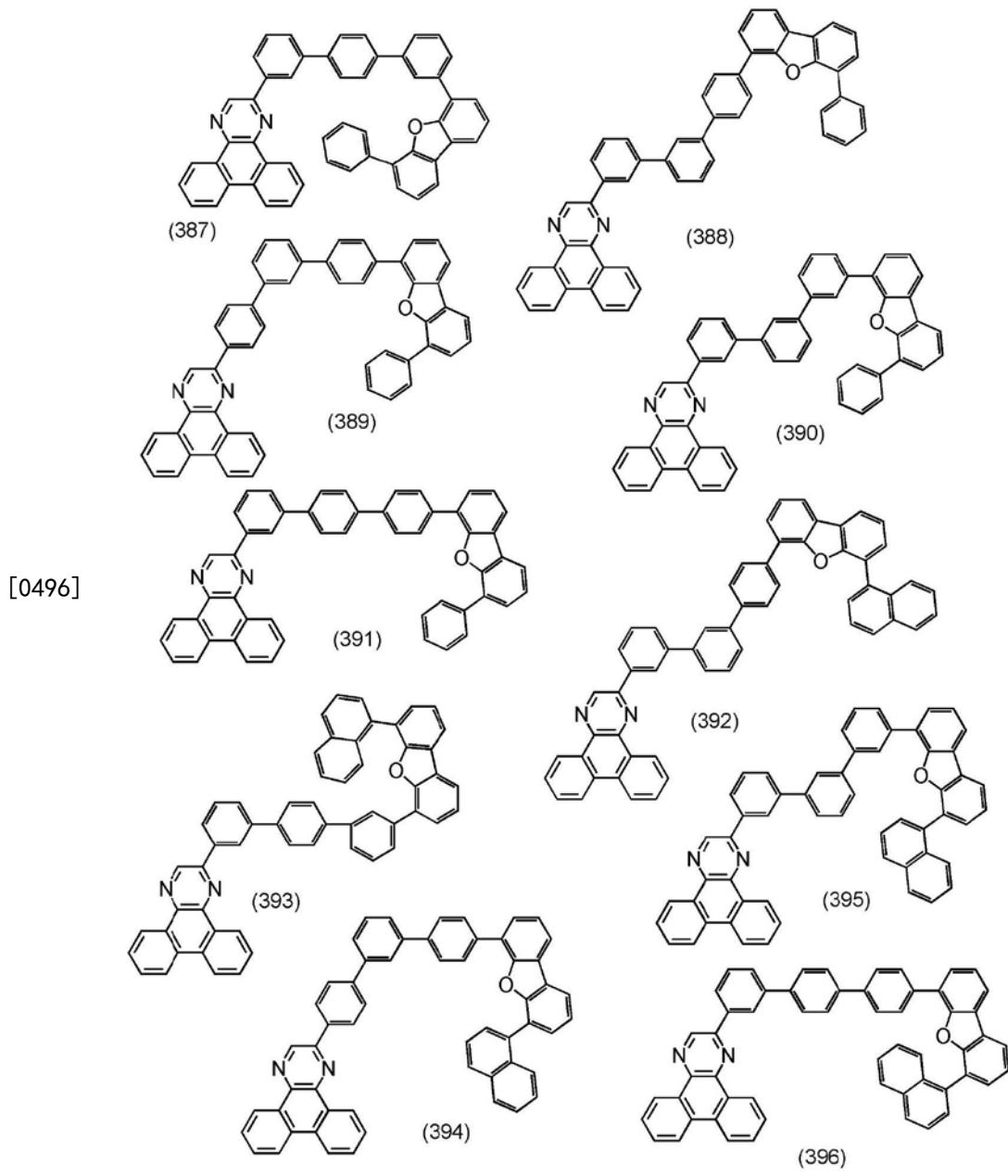
[0492]

[0493] [化学式121]

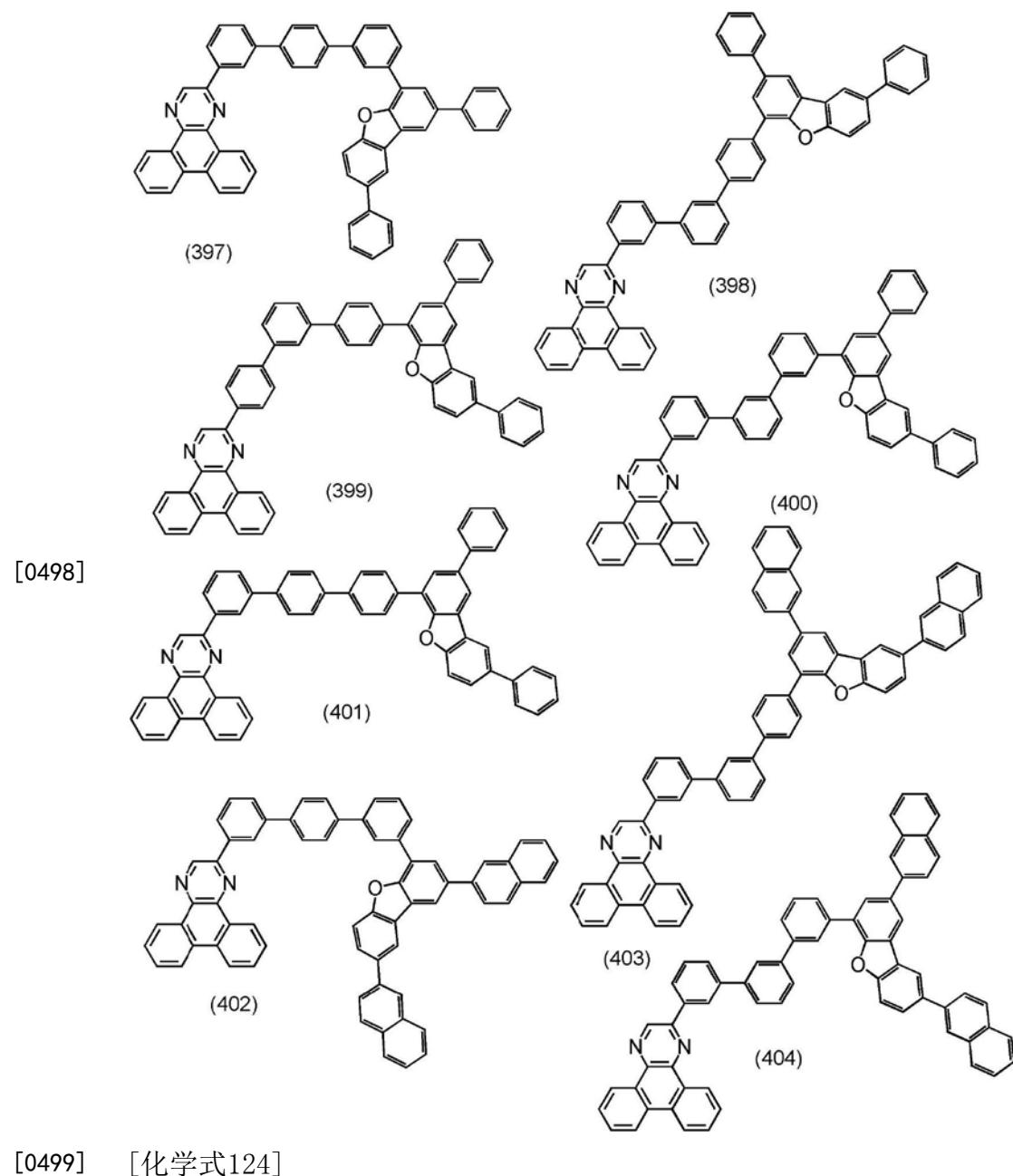


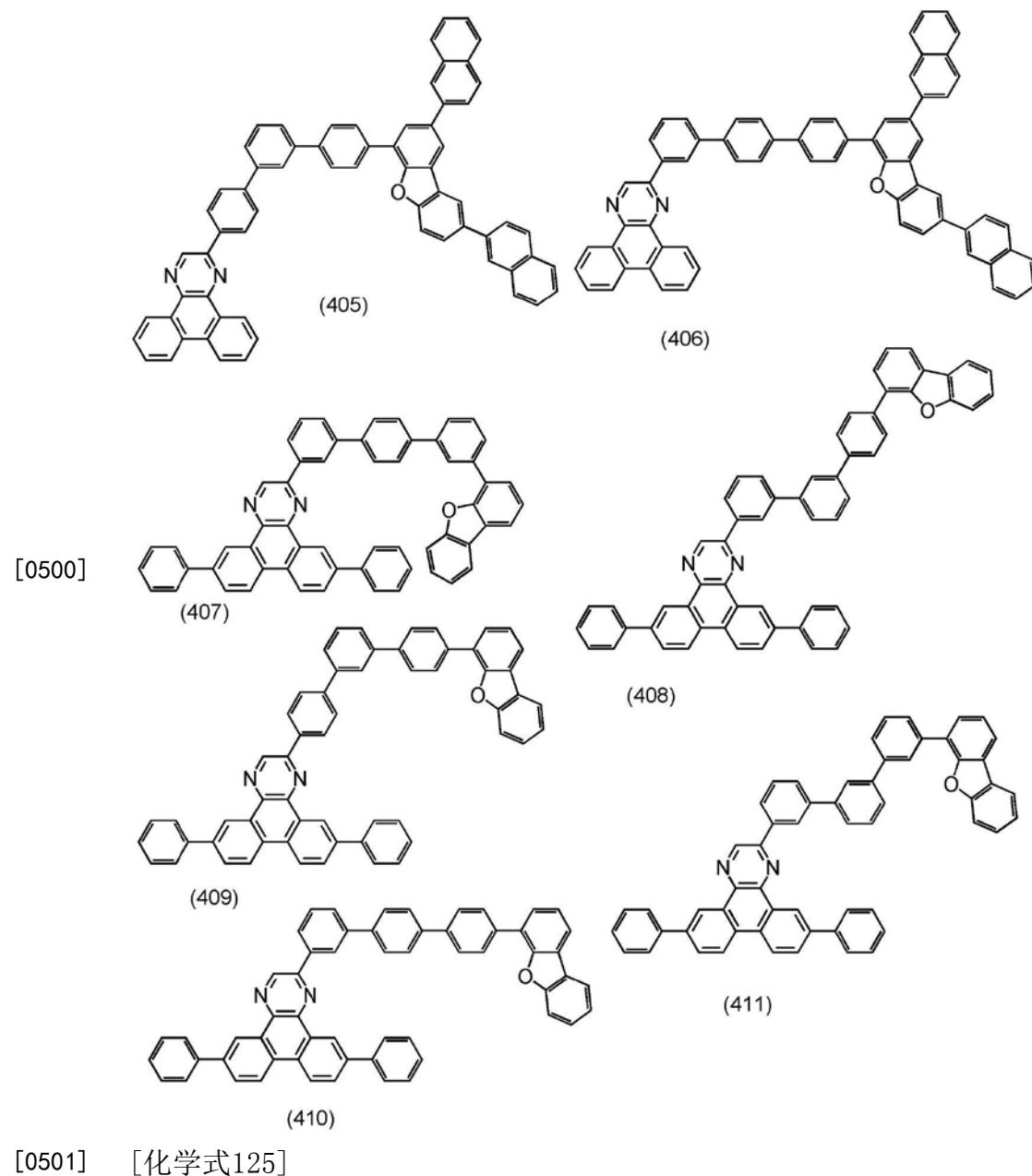
[0494]

[0495] [化学式122]

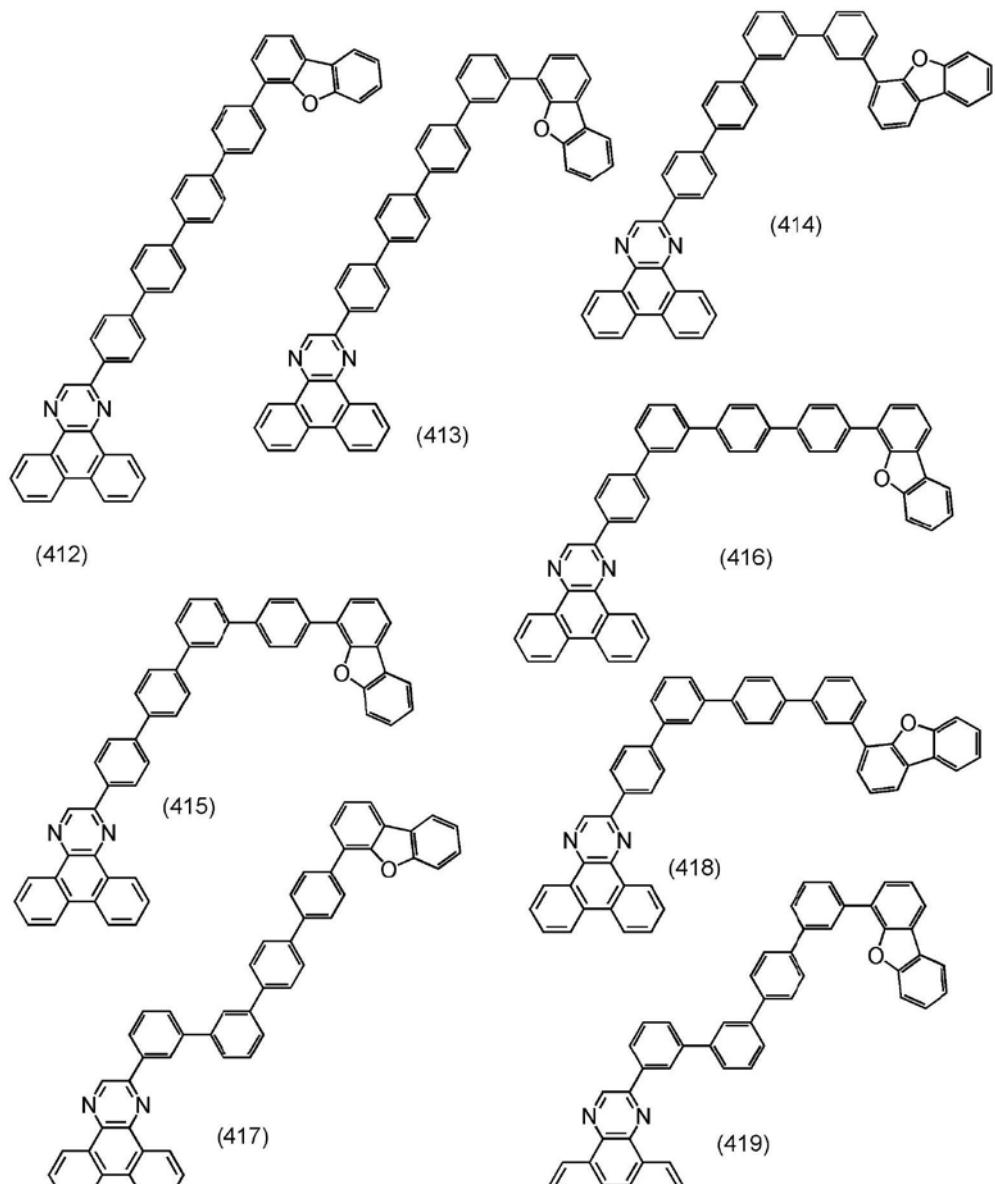


[0496] [0497] [化学式123]

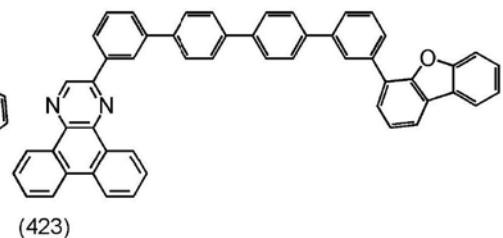
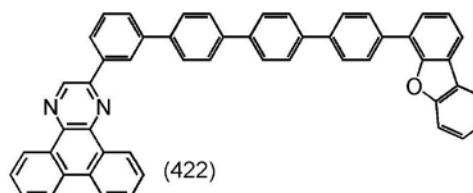
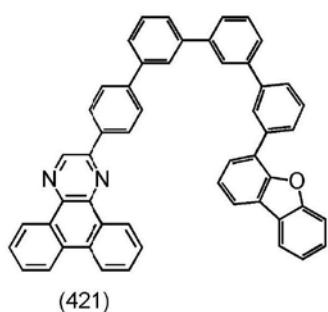
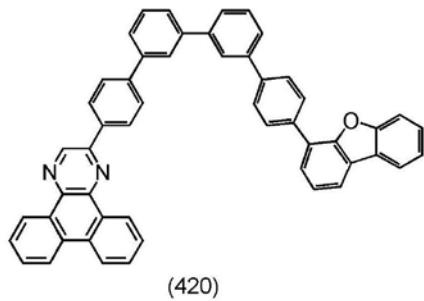




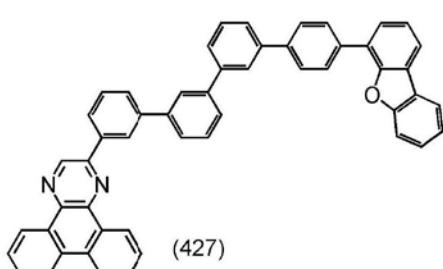
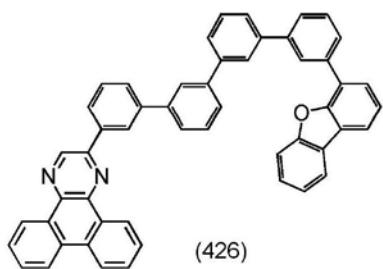
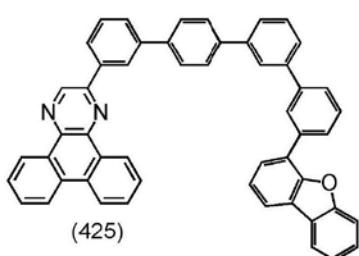
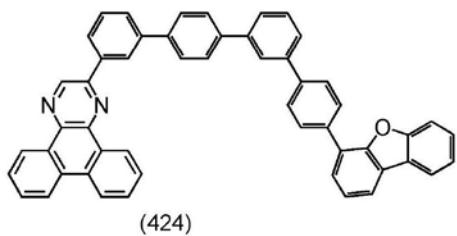
[0501] [化学式125]



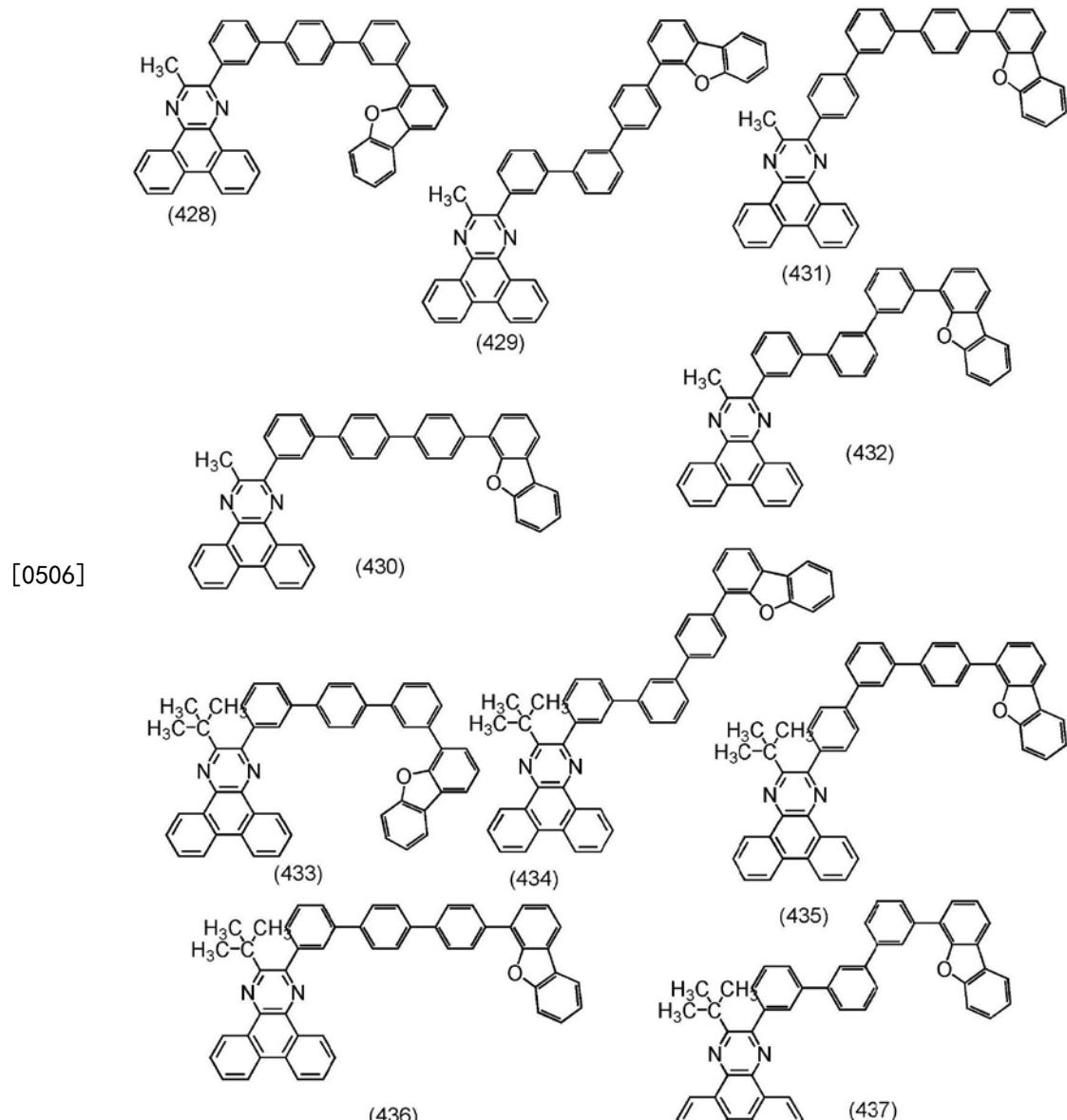
[0502] [化学式126]



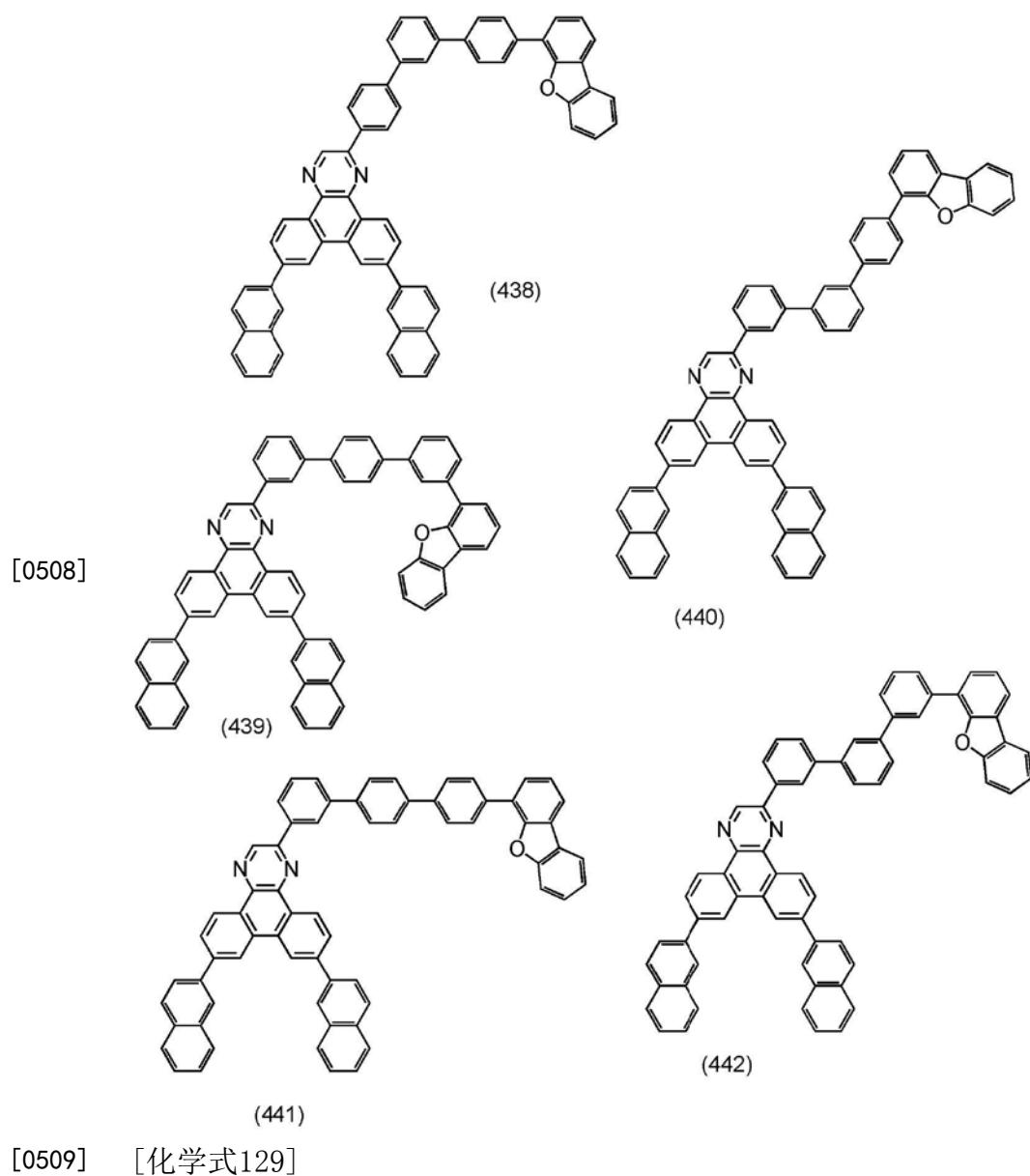
[0504]



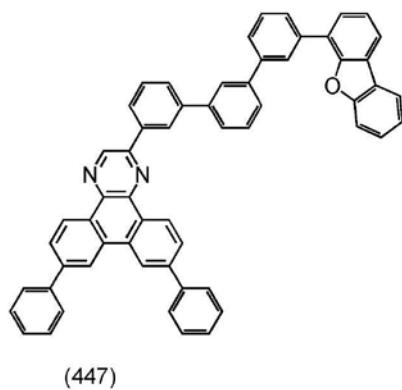
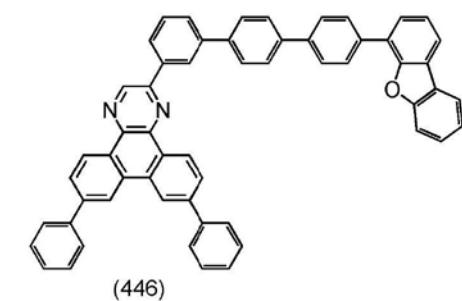
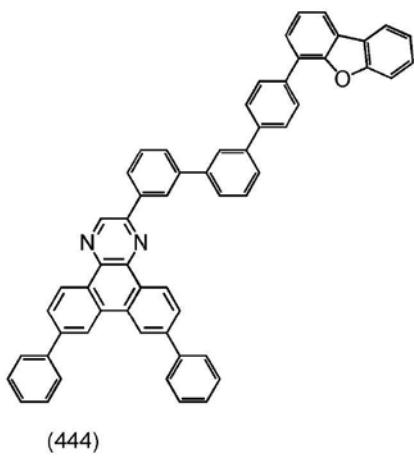
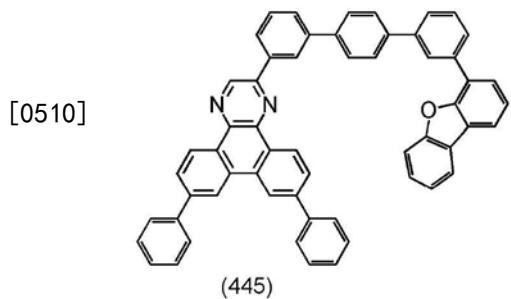
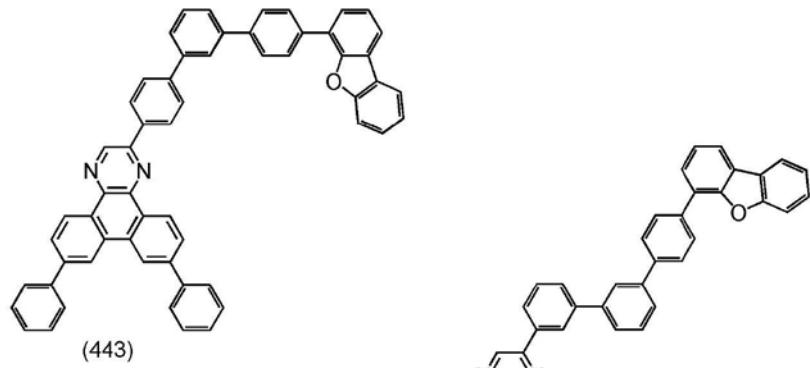
[0505] [化学式127]



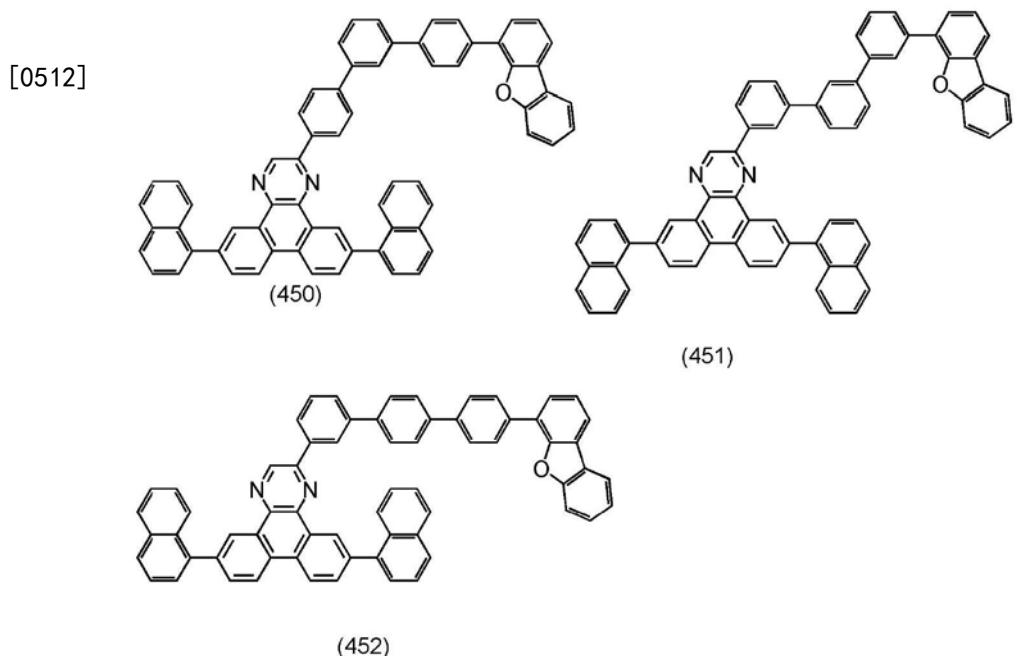
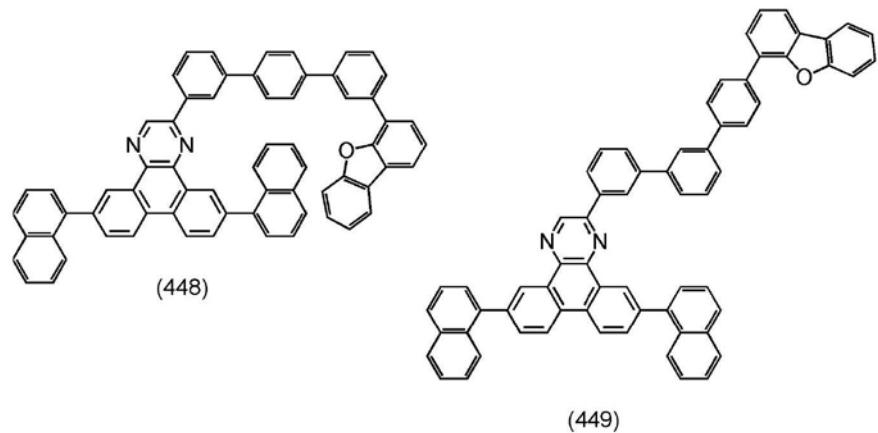
[0507] [化学式128]



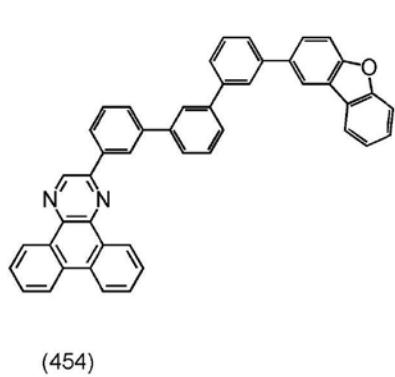
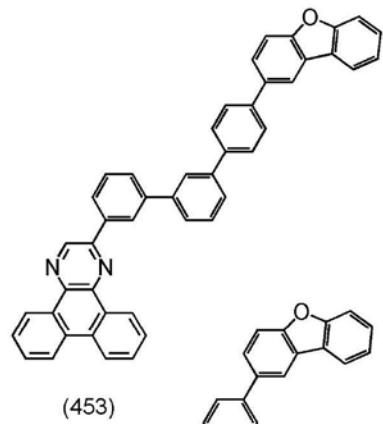
[0509] [化学式129]



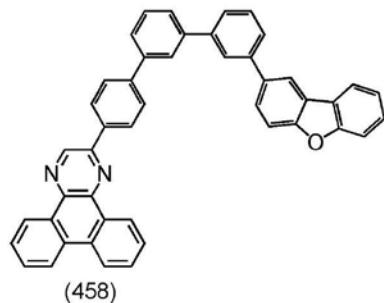
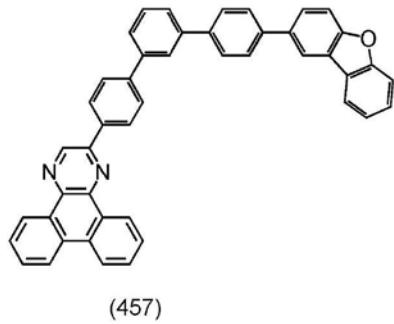
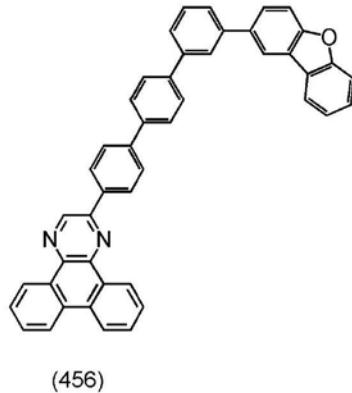
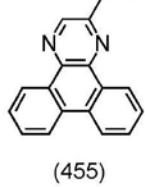
[0511] [化学式130]



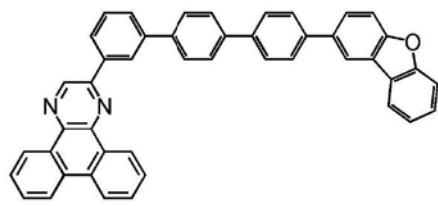
[0513] [化学式131]



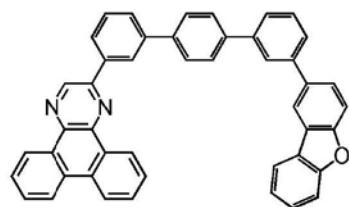
[0514]



[0515] [化学式132]

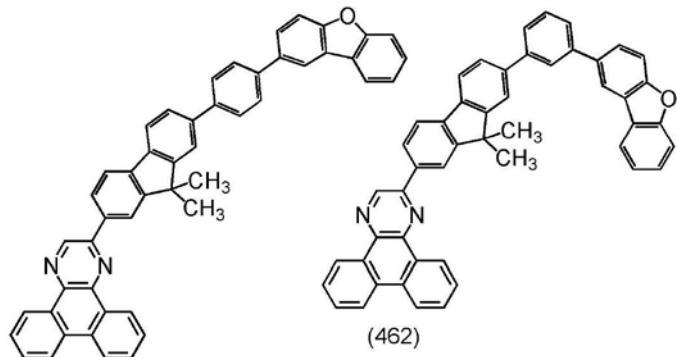


(459)



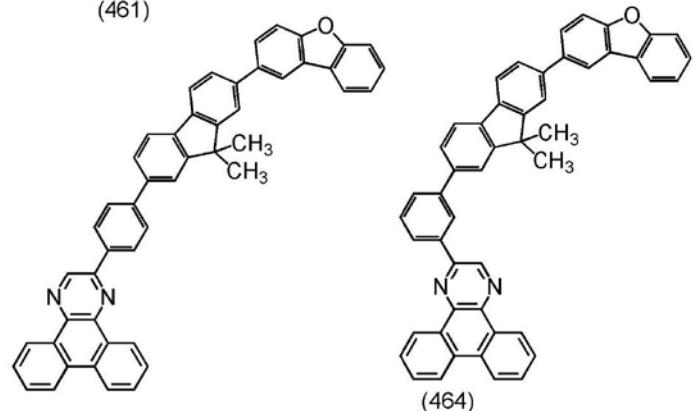
(460)

[0516]



(461)

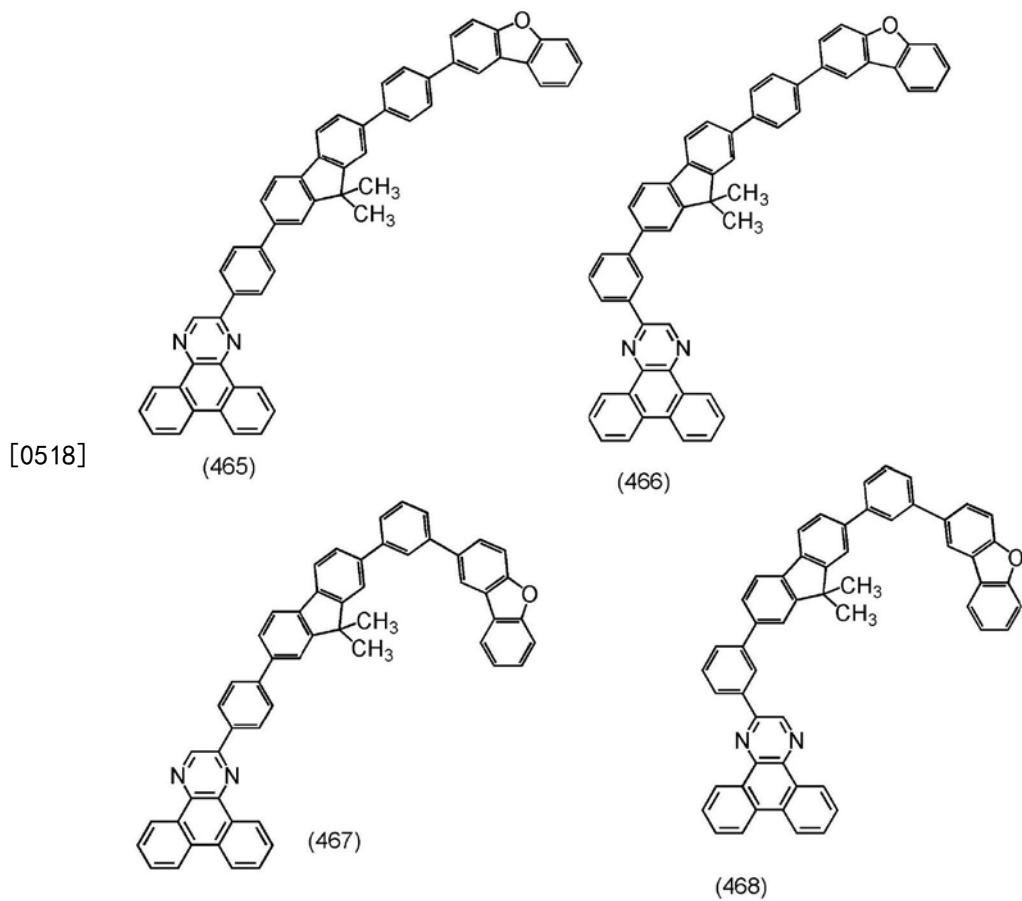
(462)



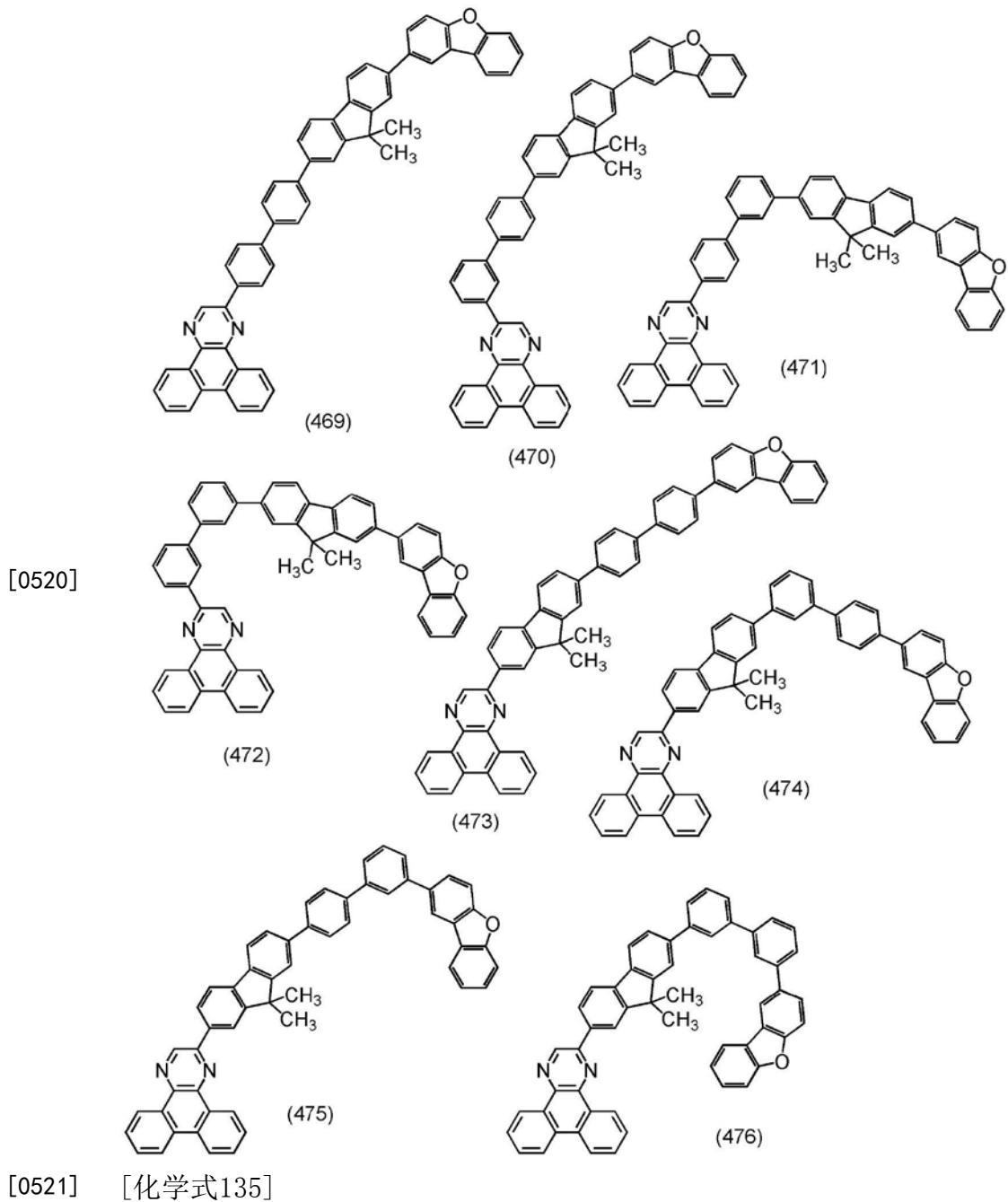
(463)

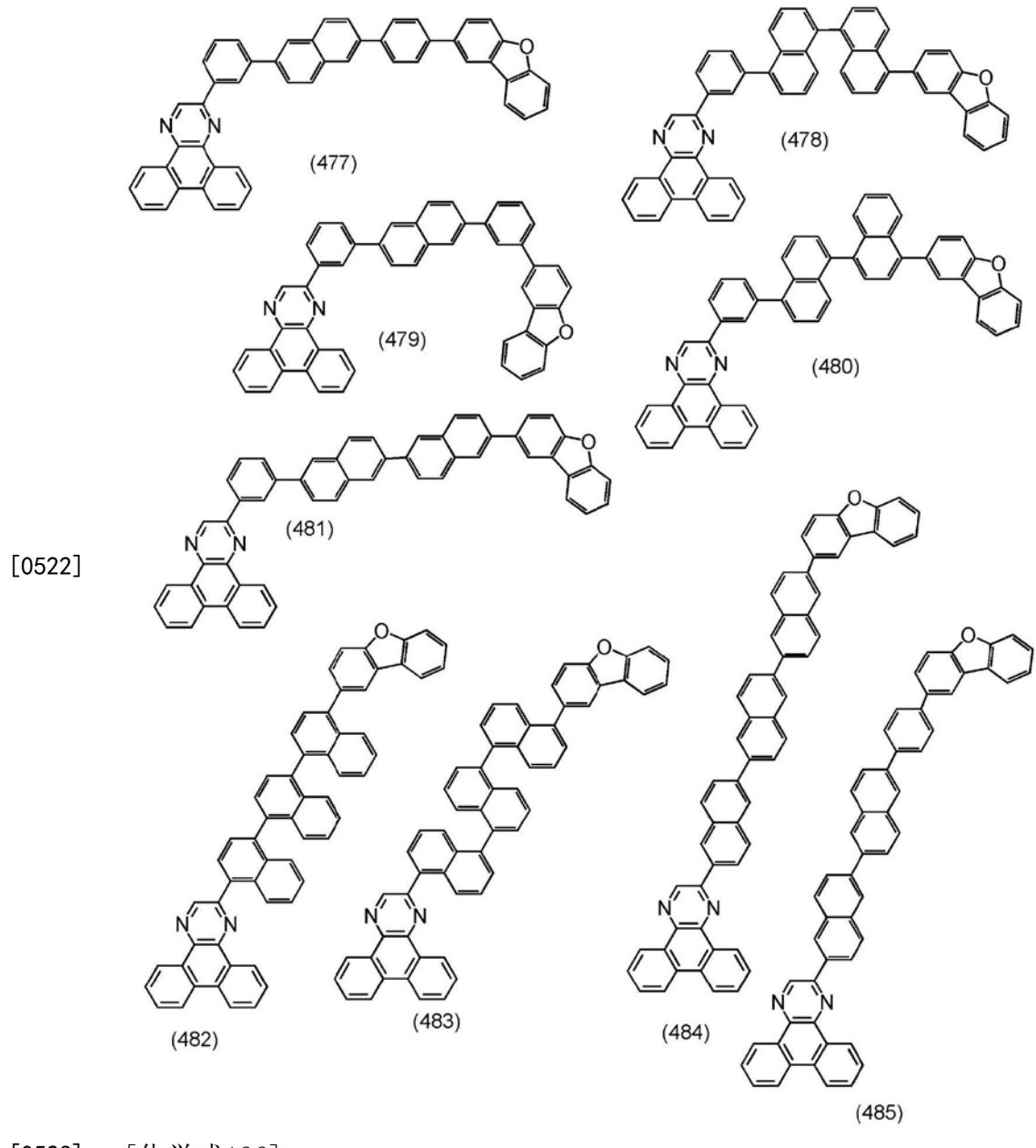
(464)

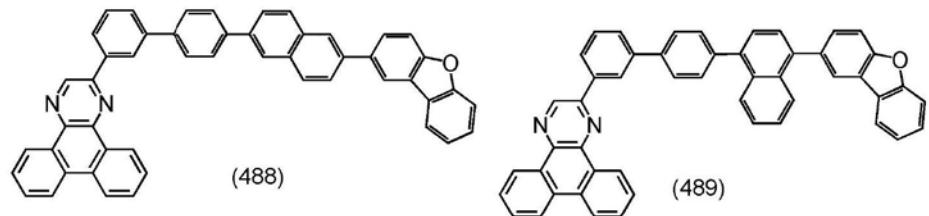
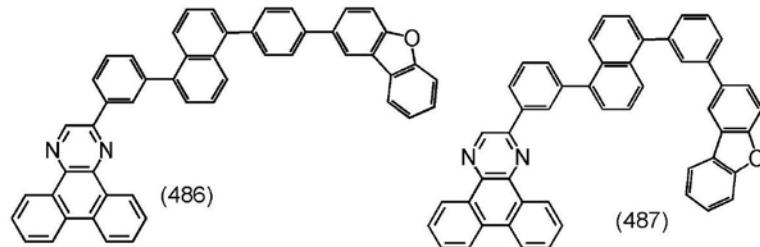
[0517] [化学式133]



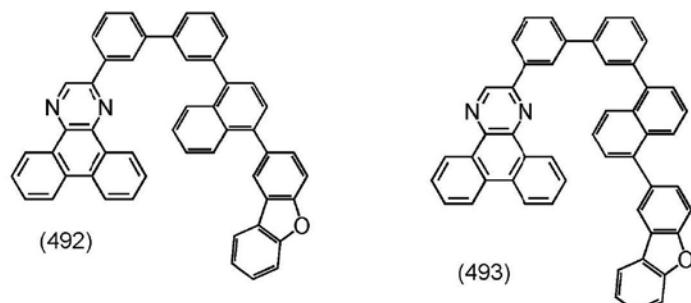
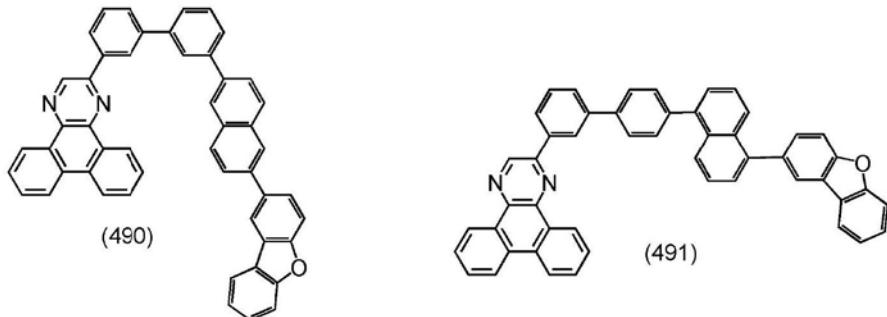
[0519] [化学式134]



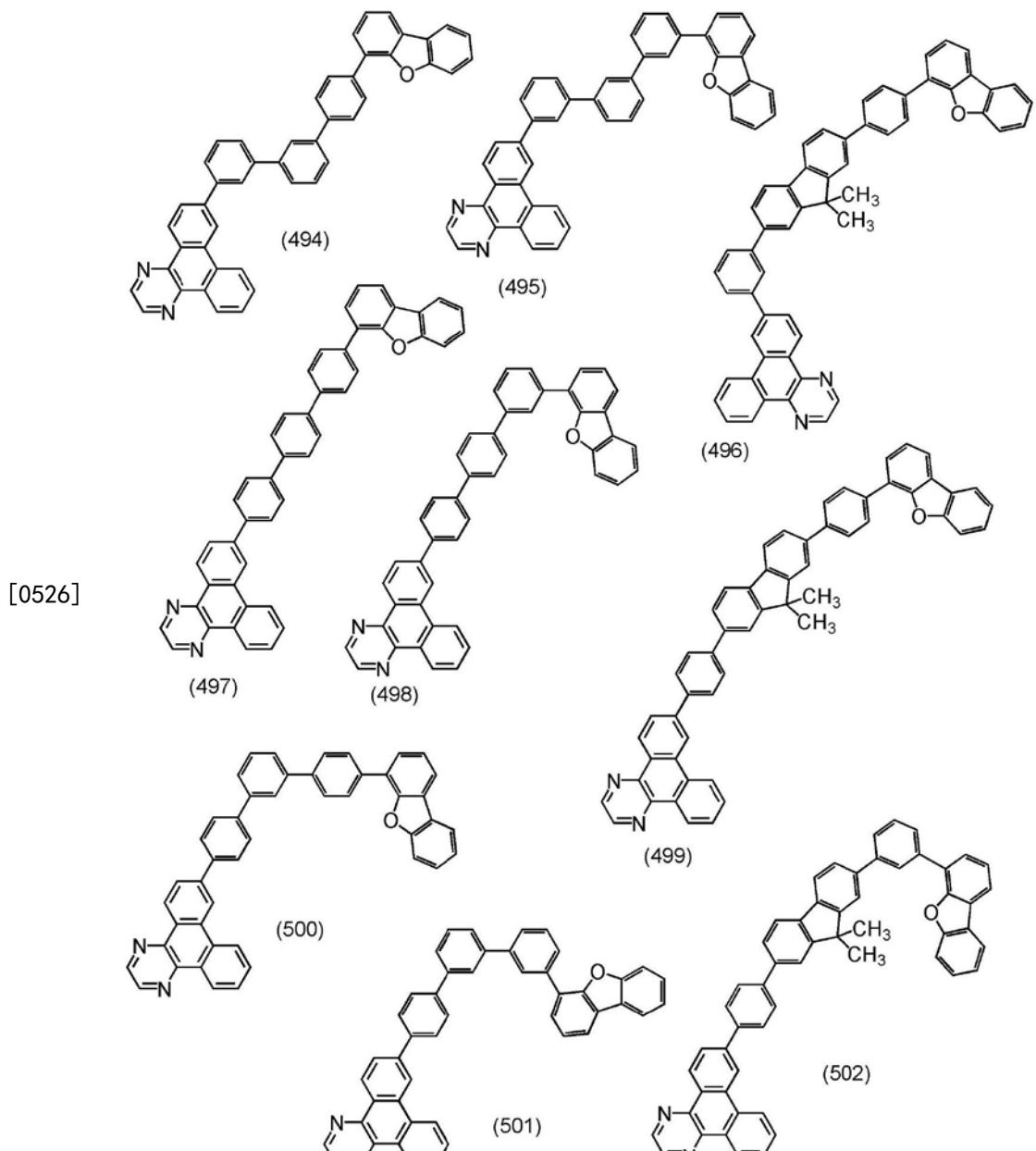




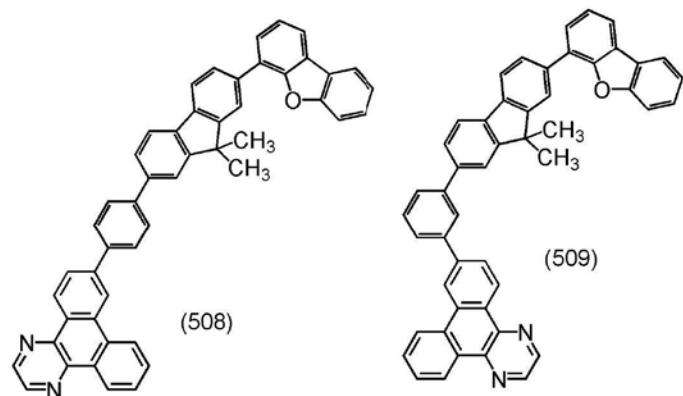
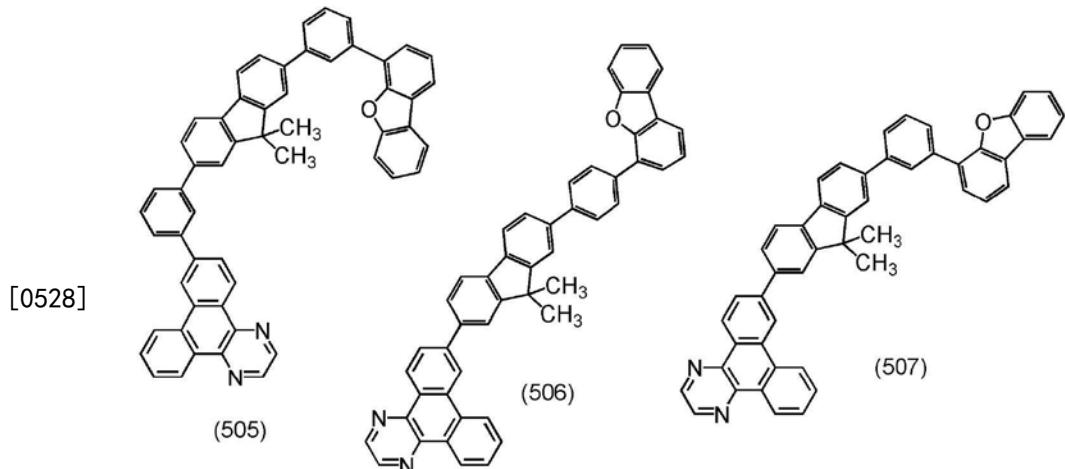
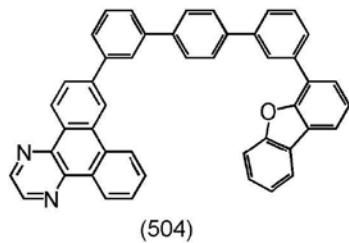
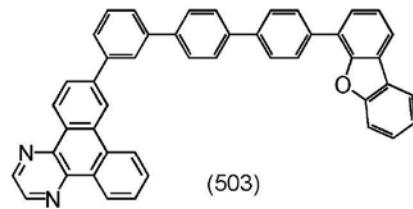
[0524]



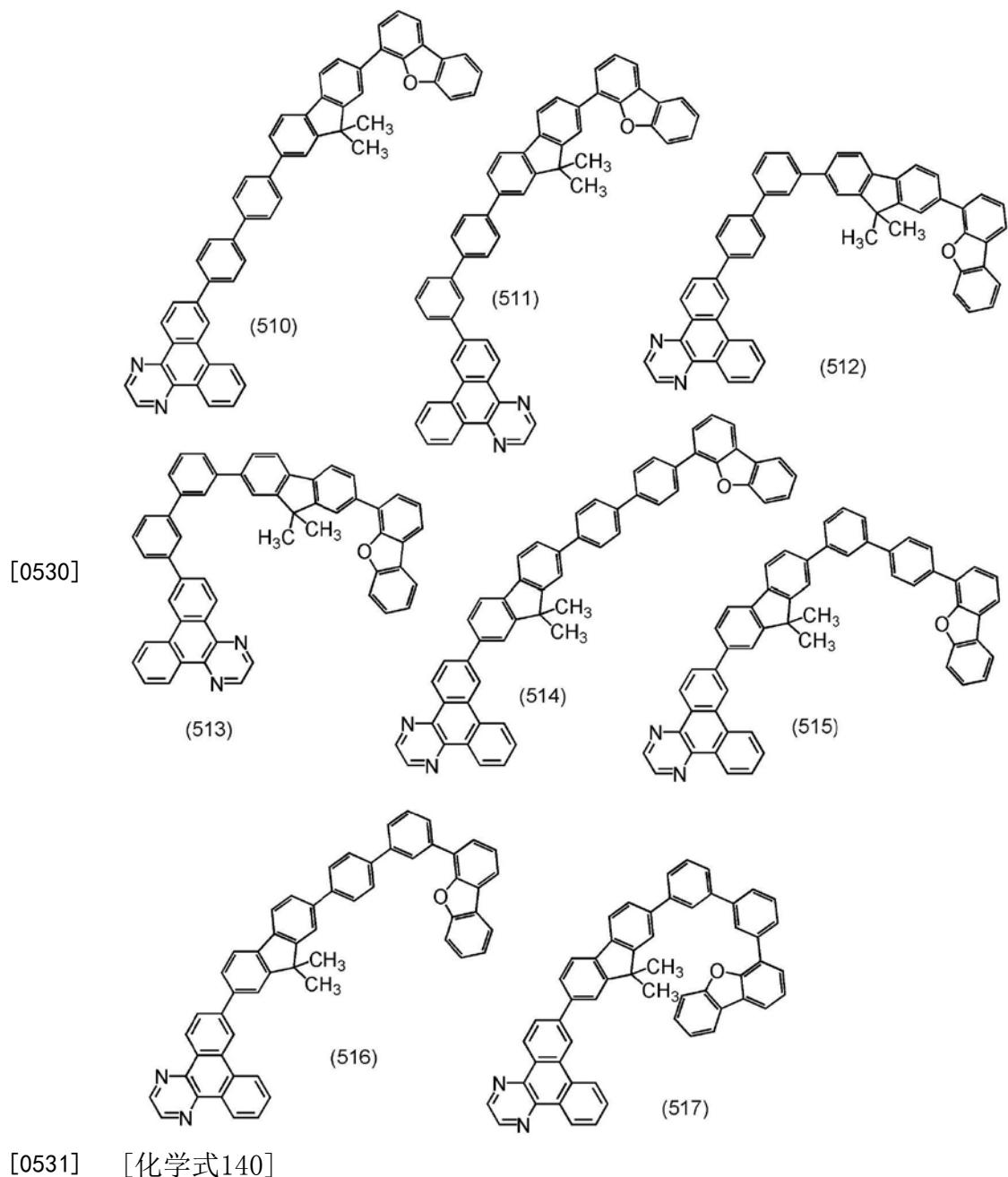
[0525] [化学式137]



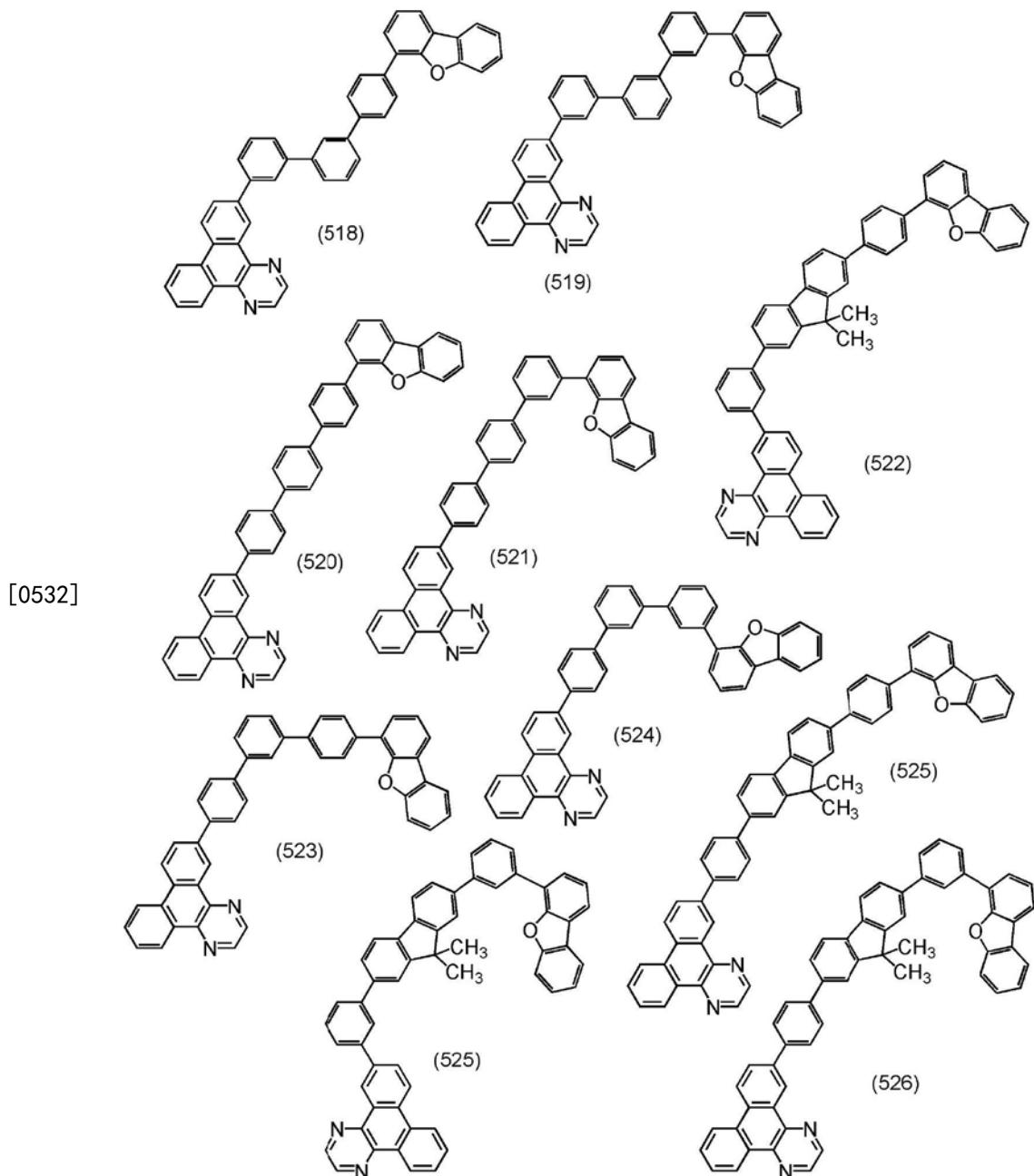
[0527] [化学式138]



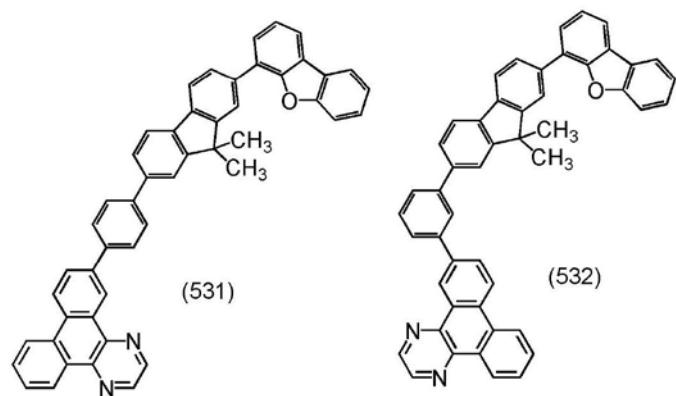
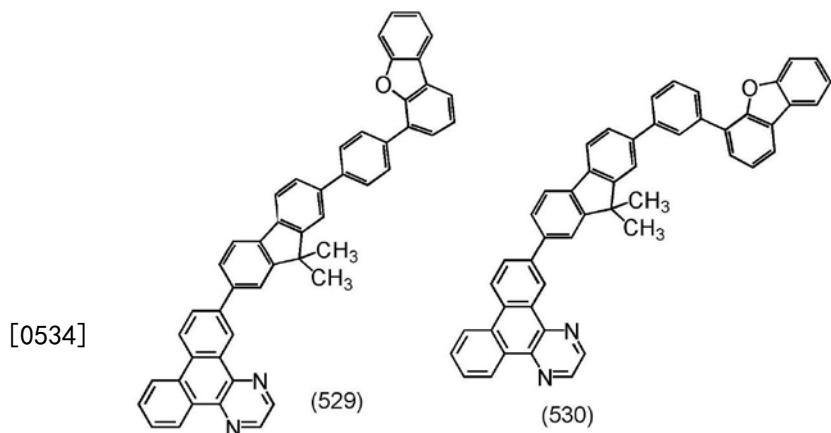
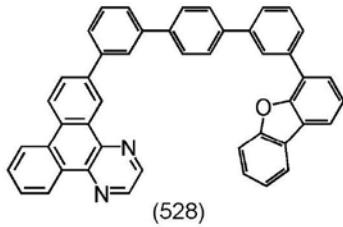
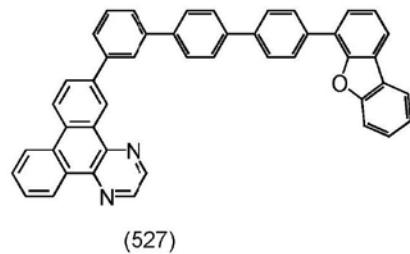
[0529] [化学式139]



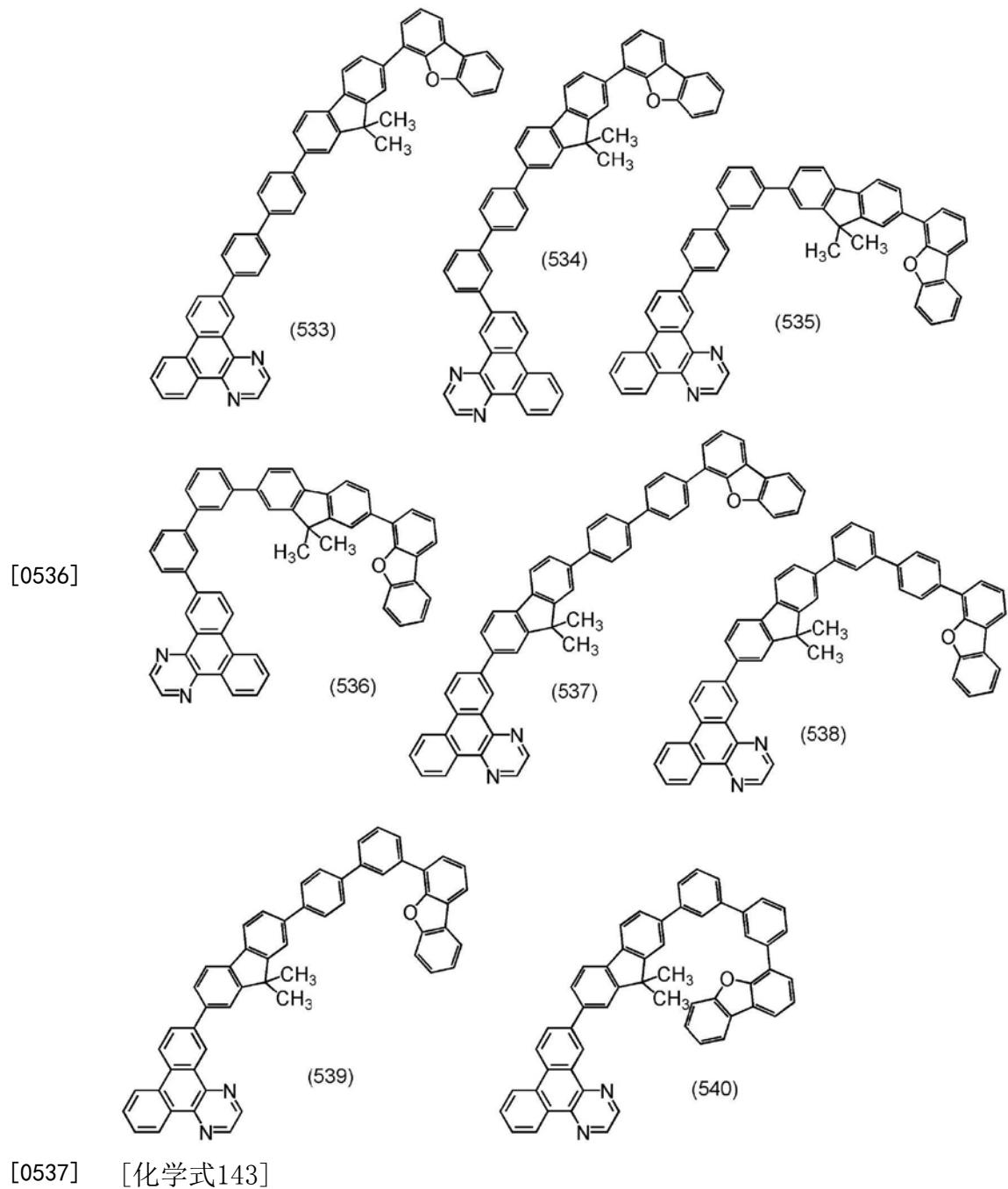
[0531] [化学式140]

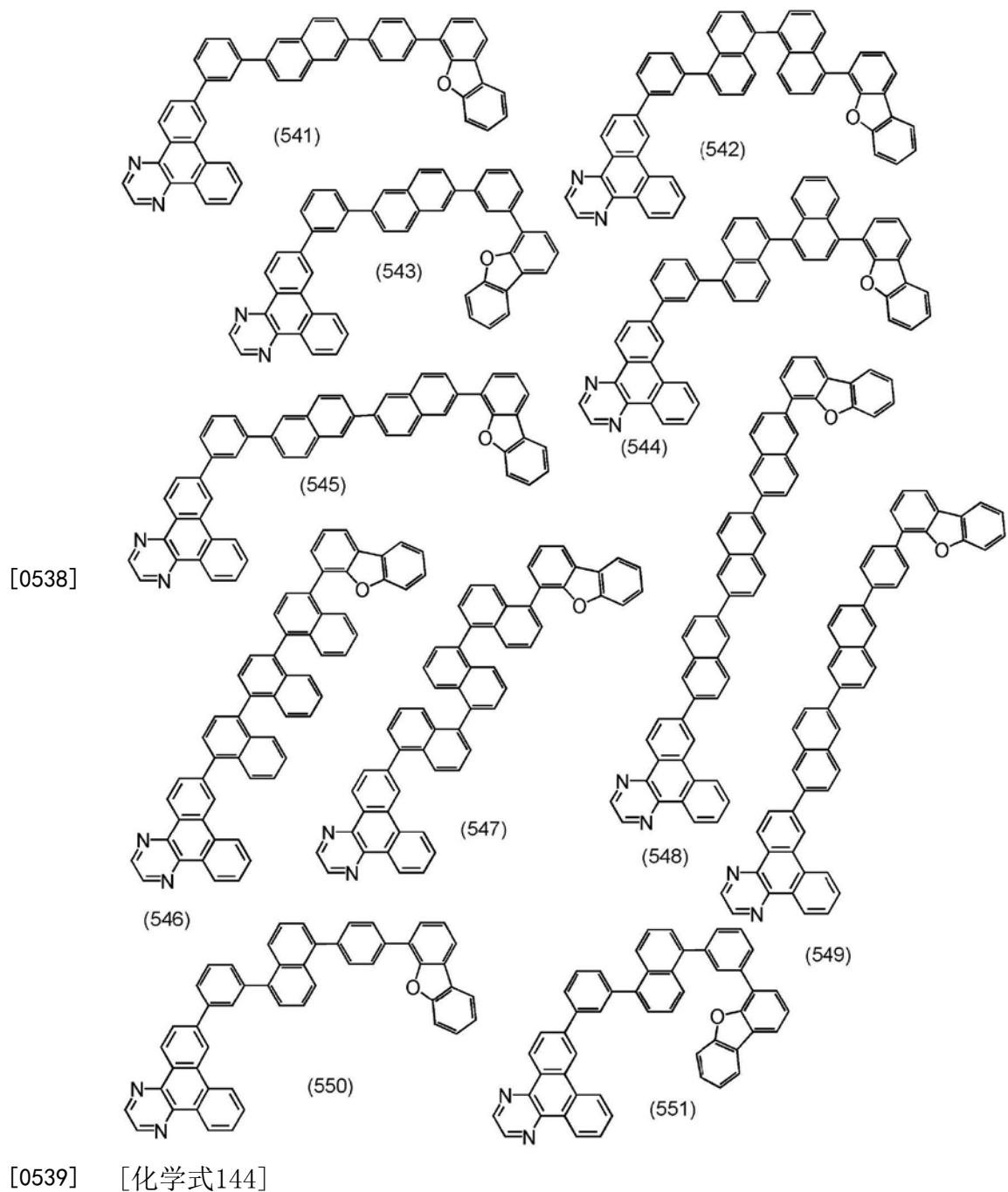


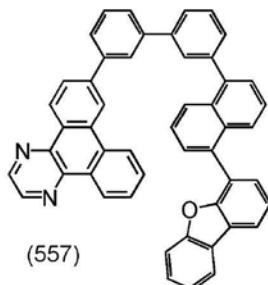
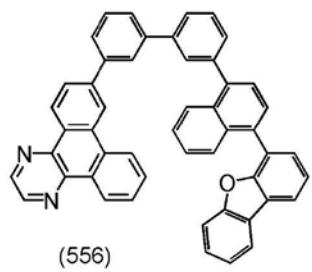
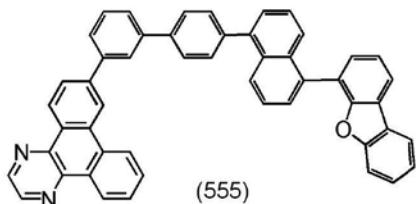
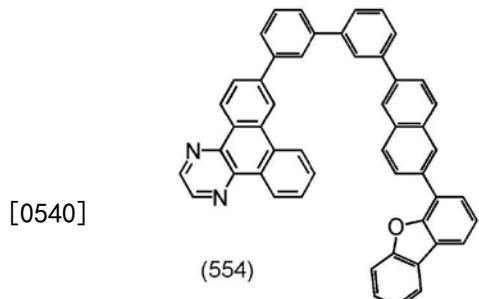
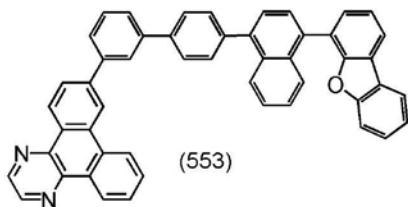
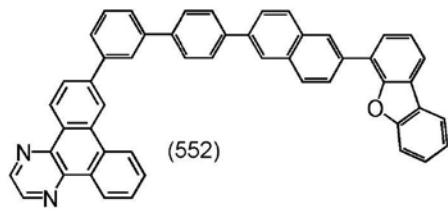
[0533] [化学式141]



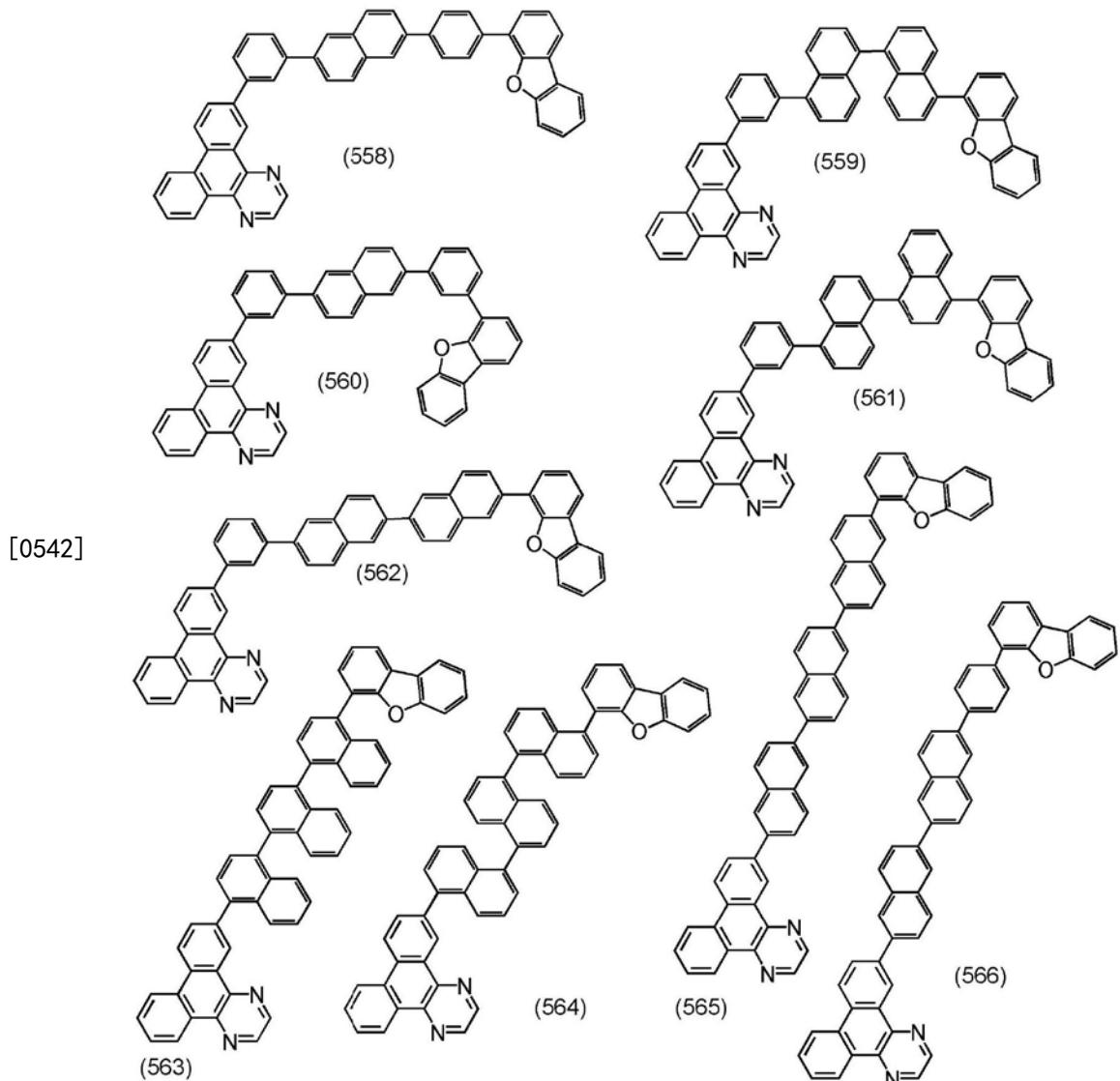
[0535] [化学式142]



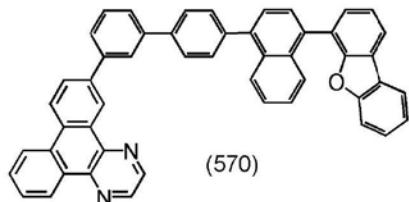
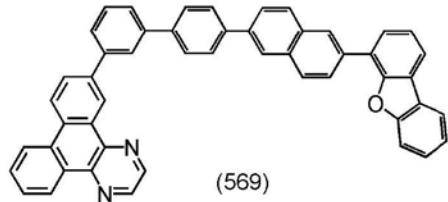
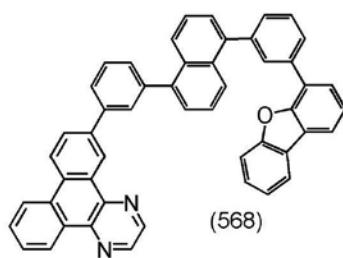
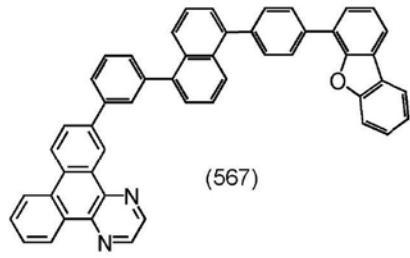




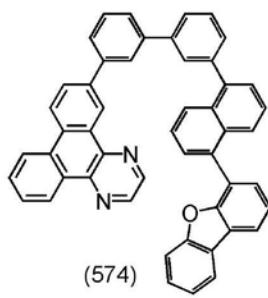
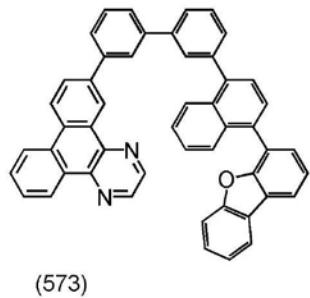
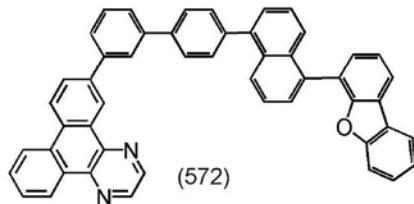
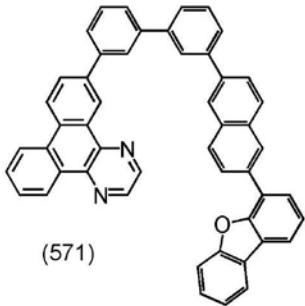
[0541] [化学式145]



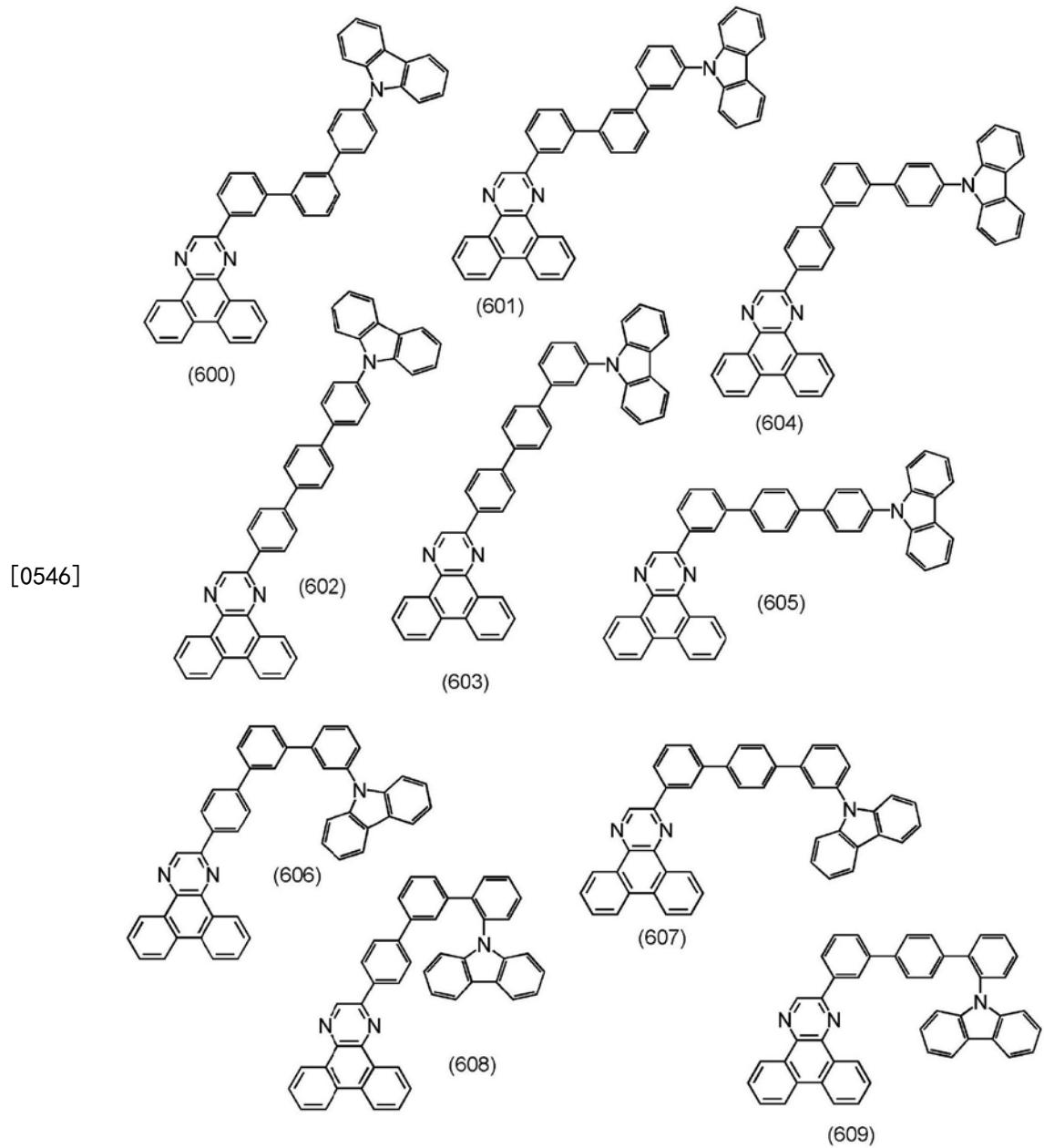
[0543] [化学式146]



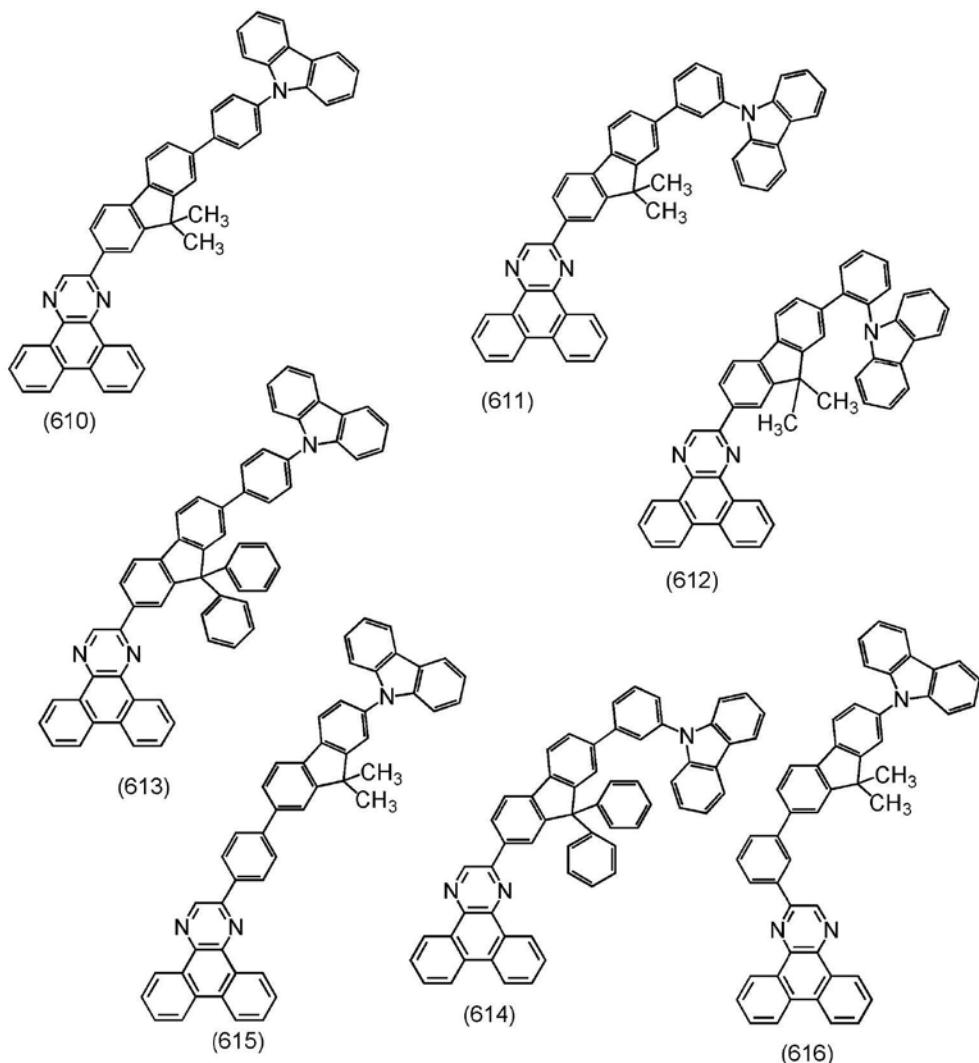
[0544]



[0545] [化学式147]

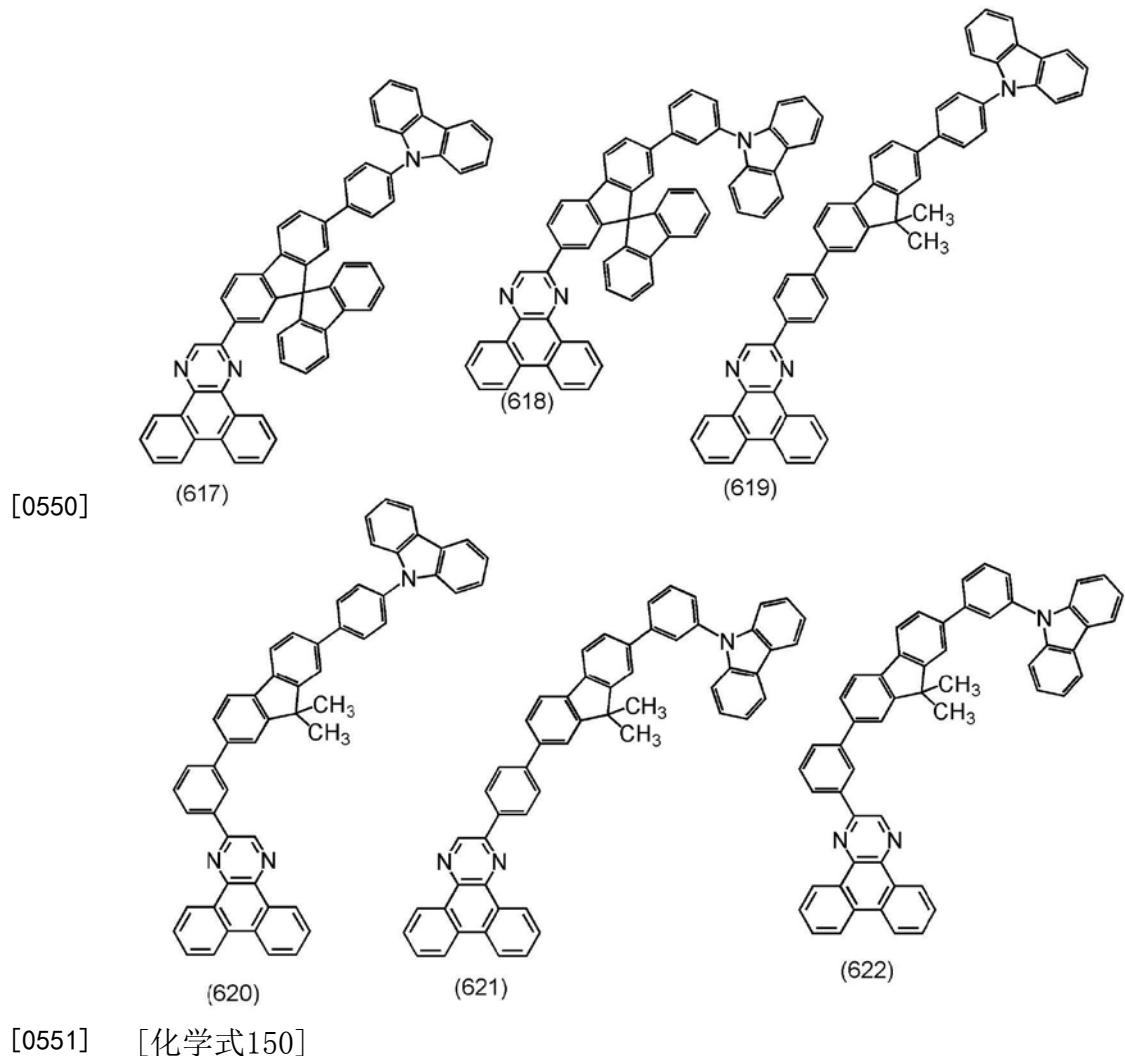


[0547] [化学式148]

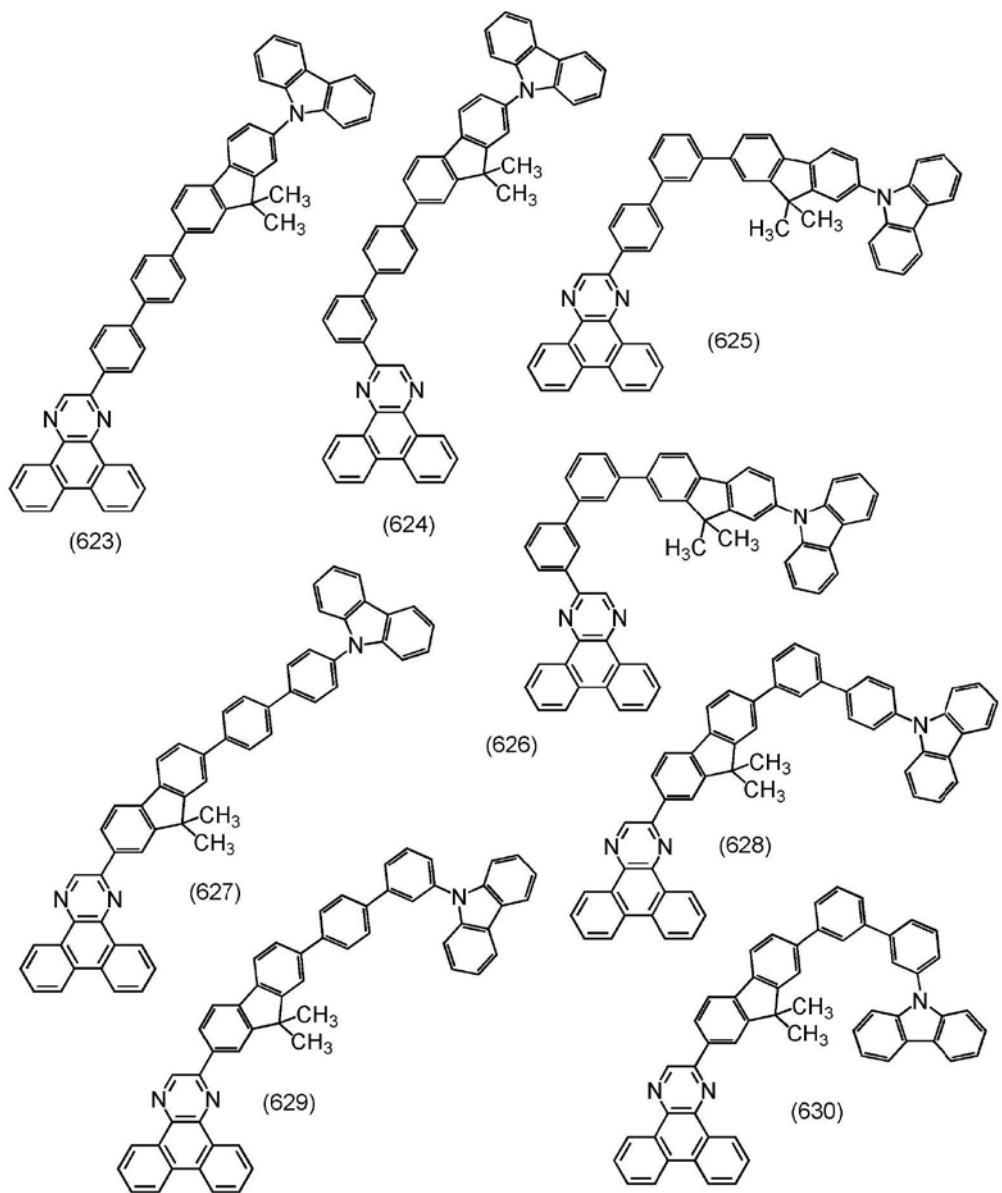


[0548]

[0549] [化学式149]

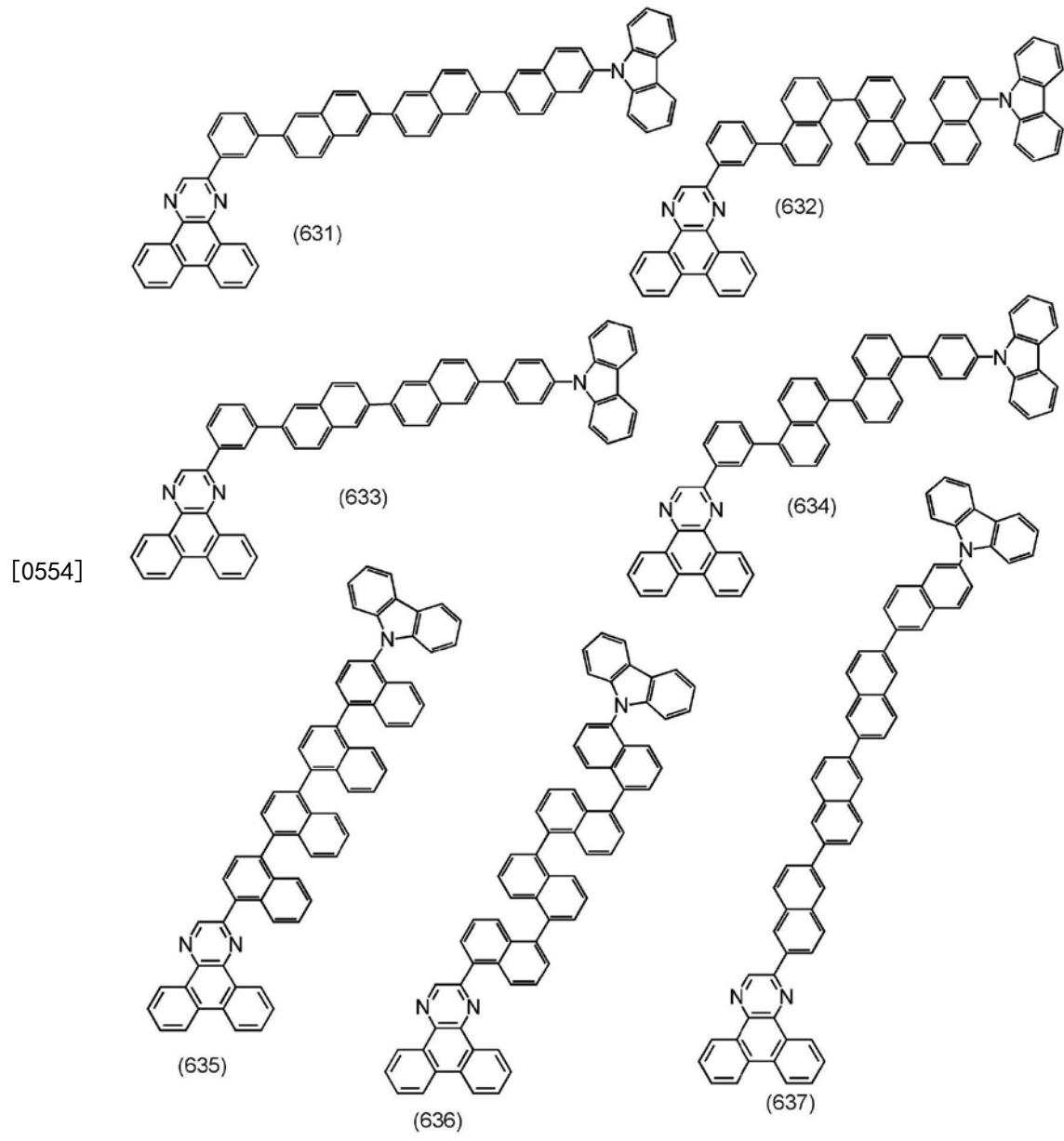


[0550] [化学式150]

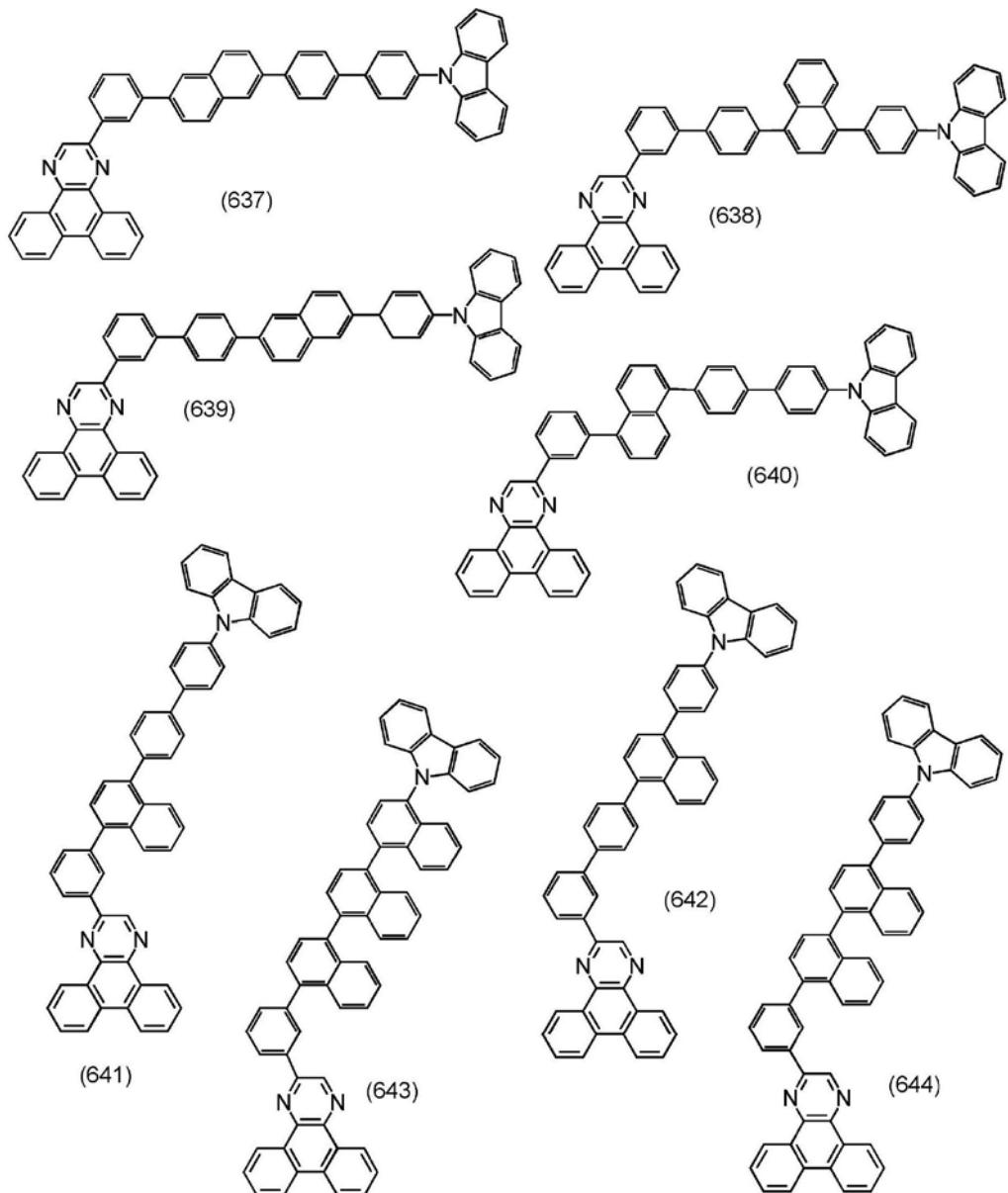


[0552]

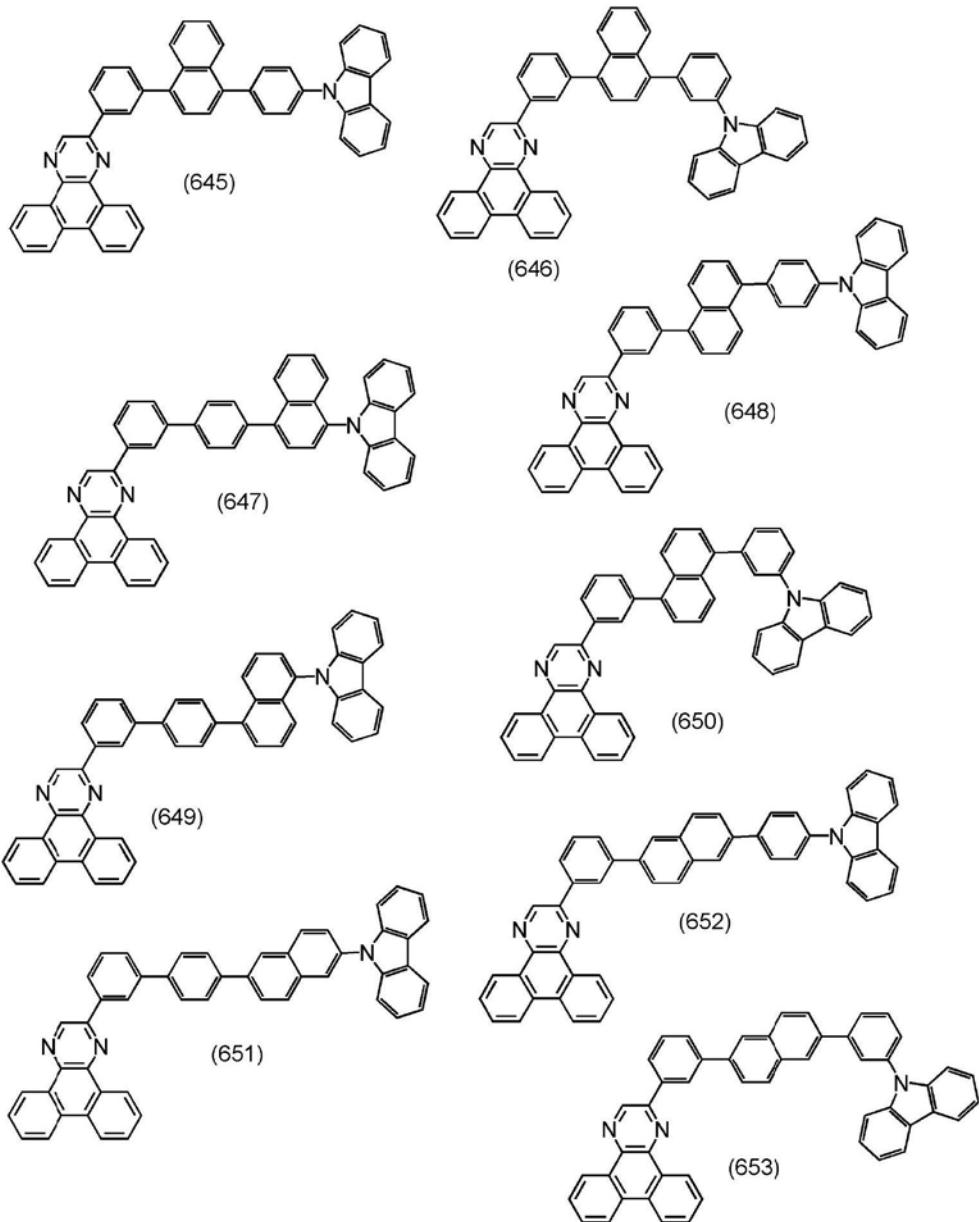
[化学式151]



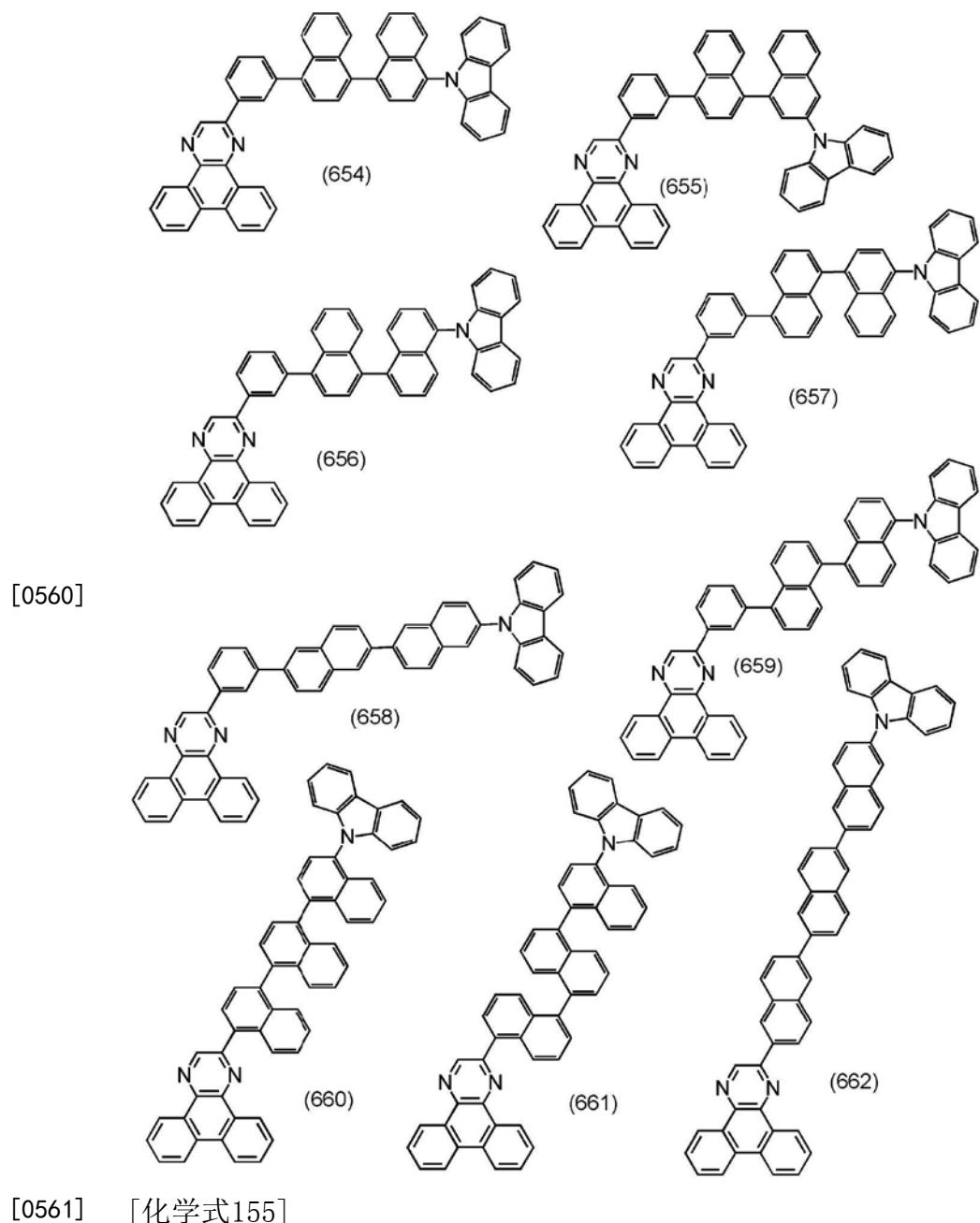
[0554] [0555] [化学式152]

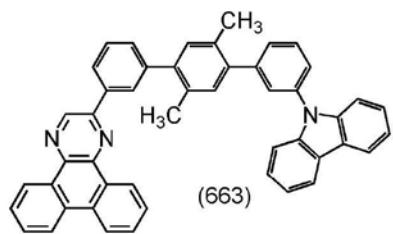


[0557] [化学式153]

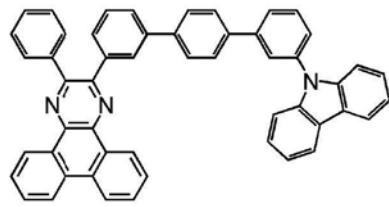
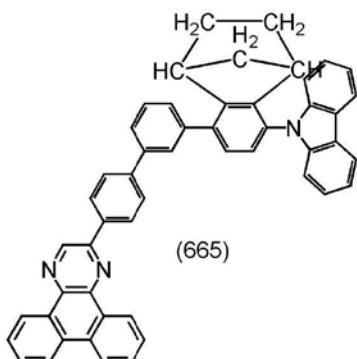
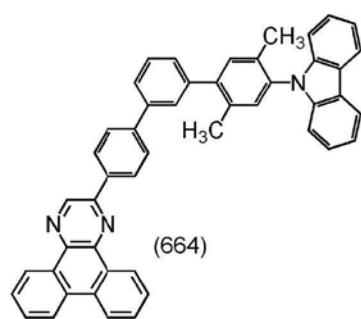


[0559] [化学式154]



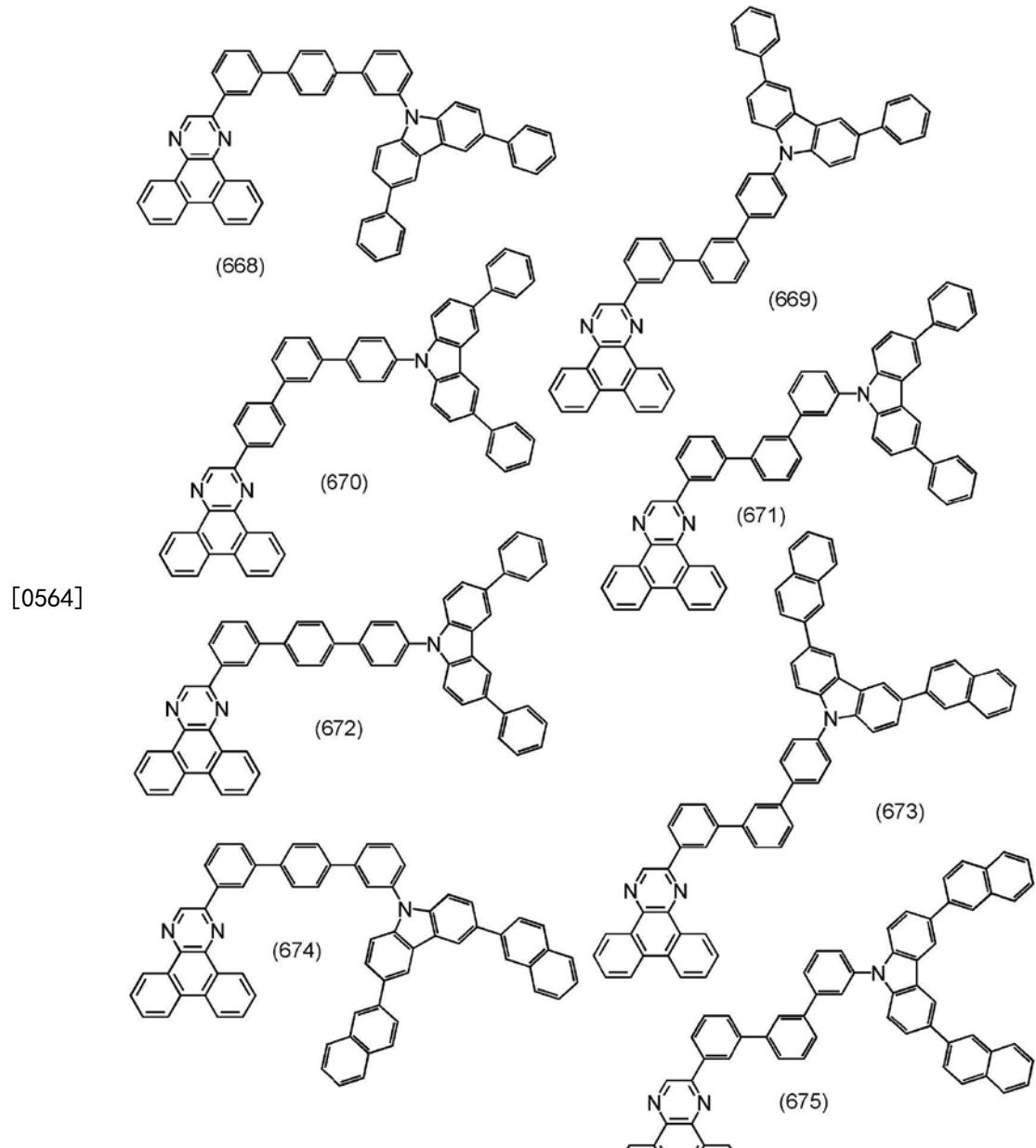


[0562]

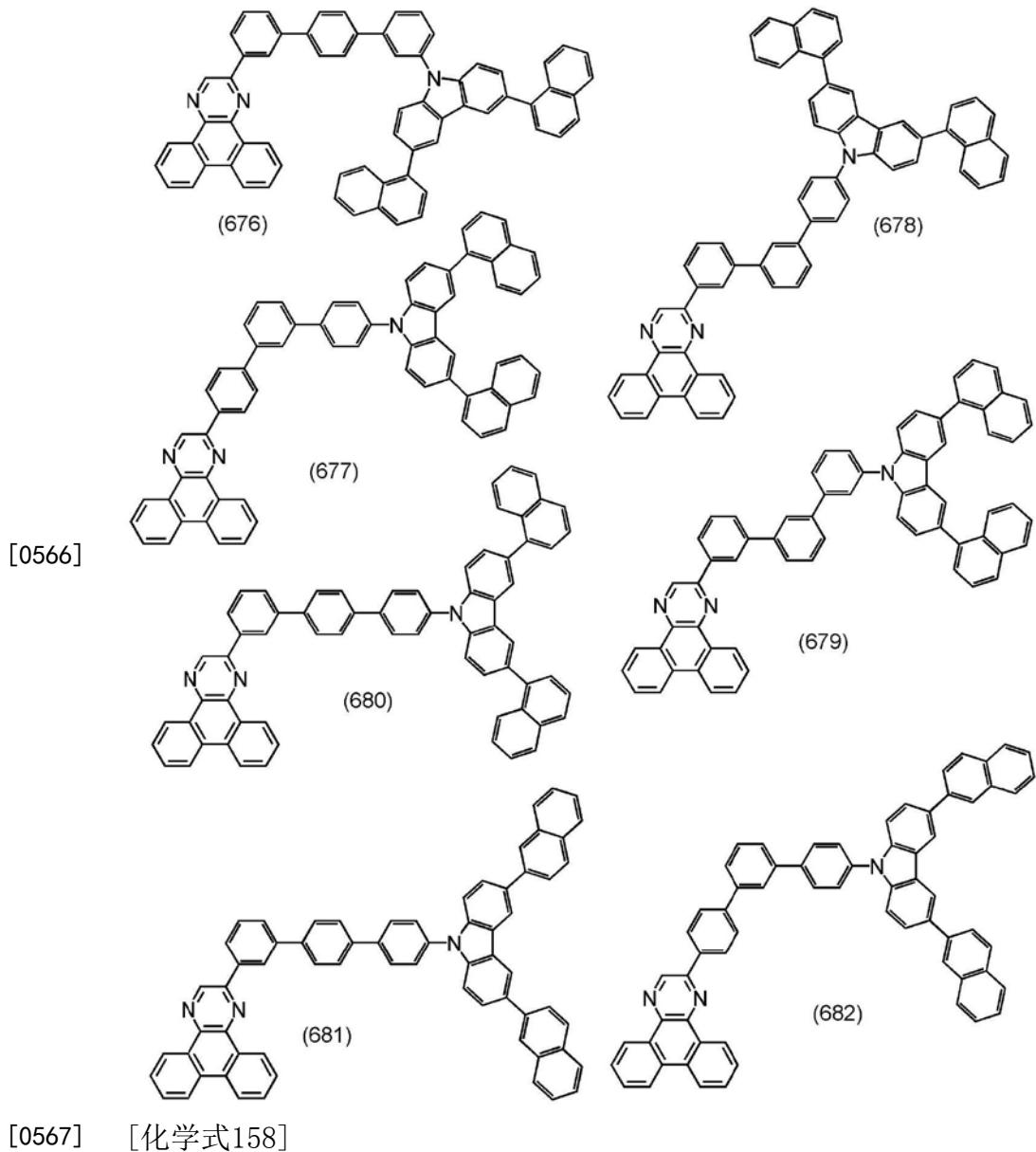


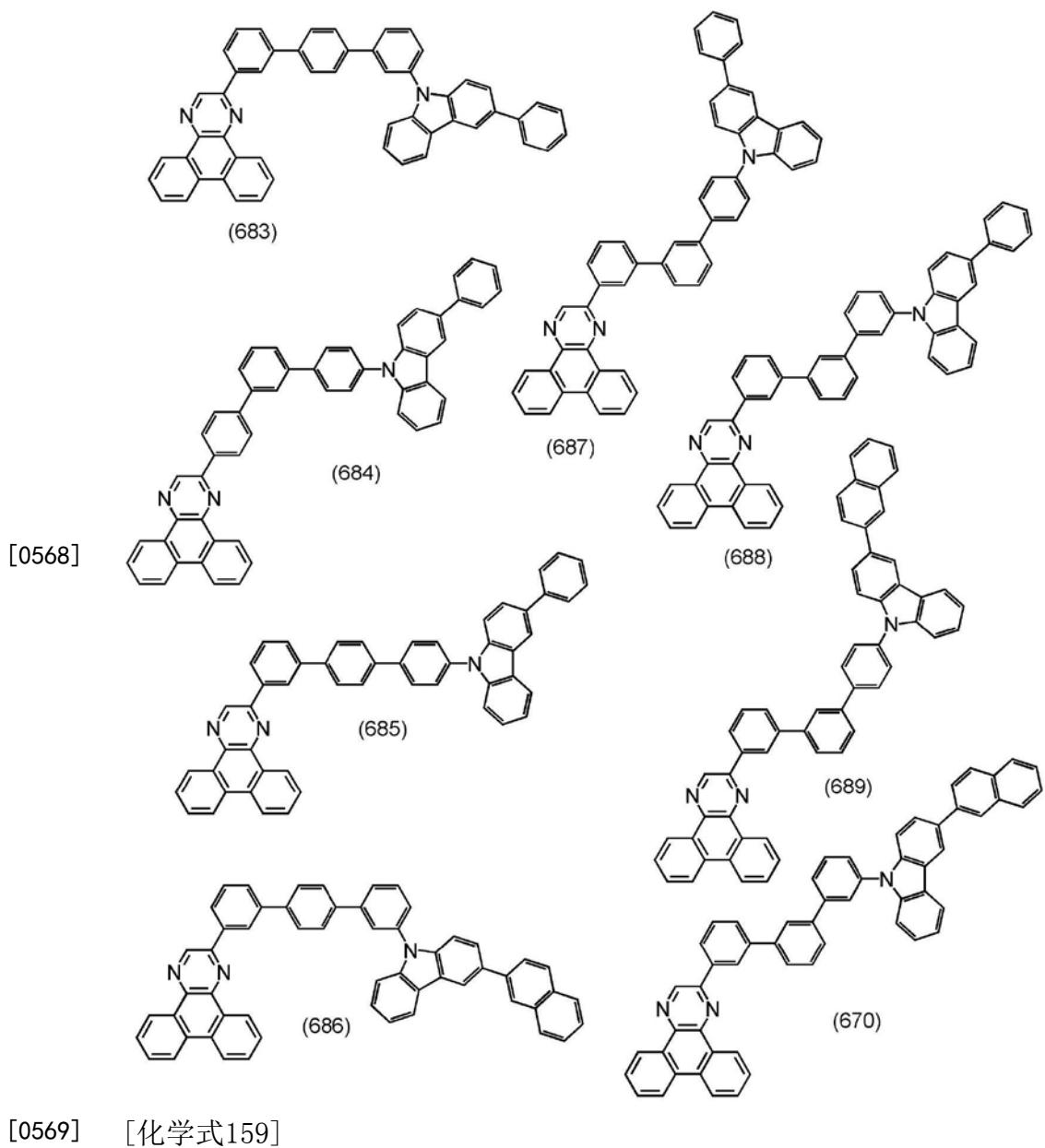
[0563]

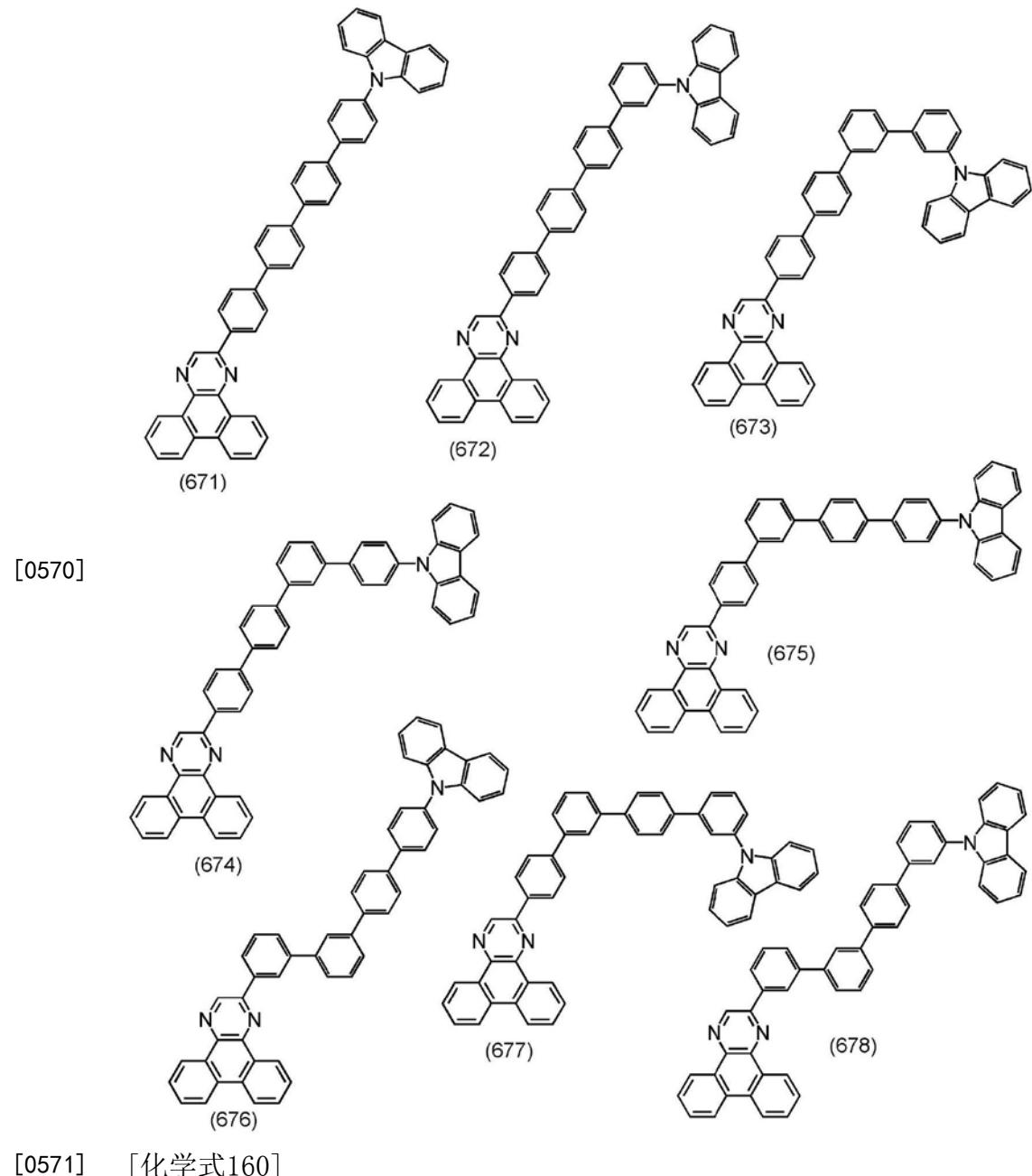
[化学式156]

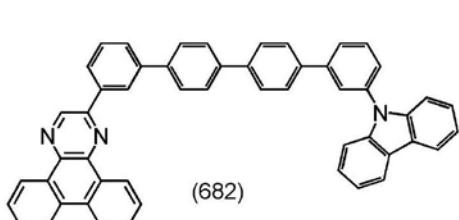
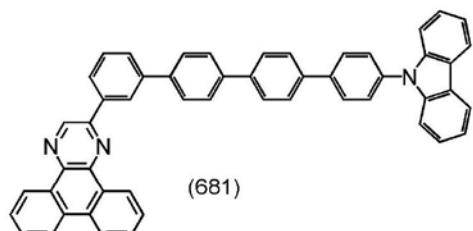
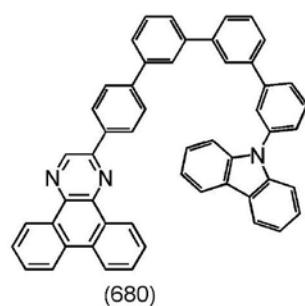
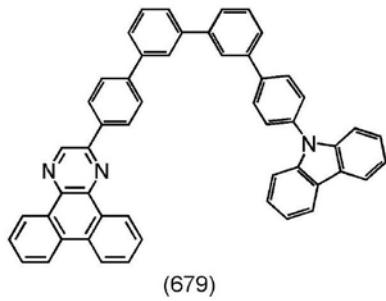


[0565] [化学式157]

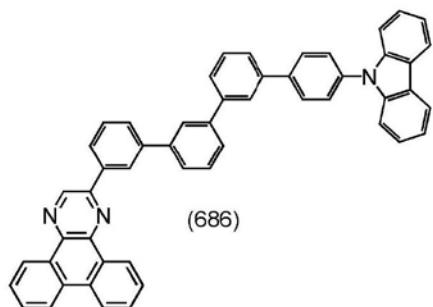
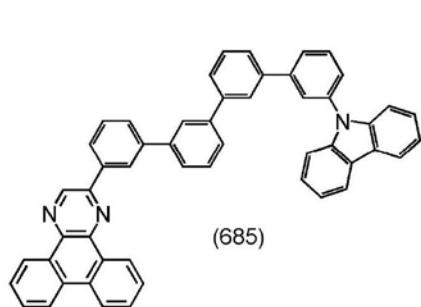
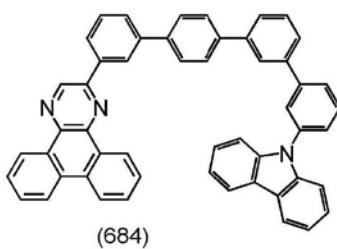
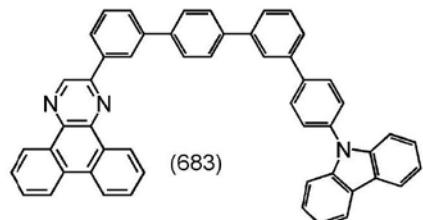






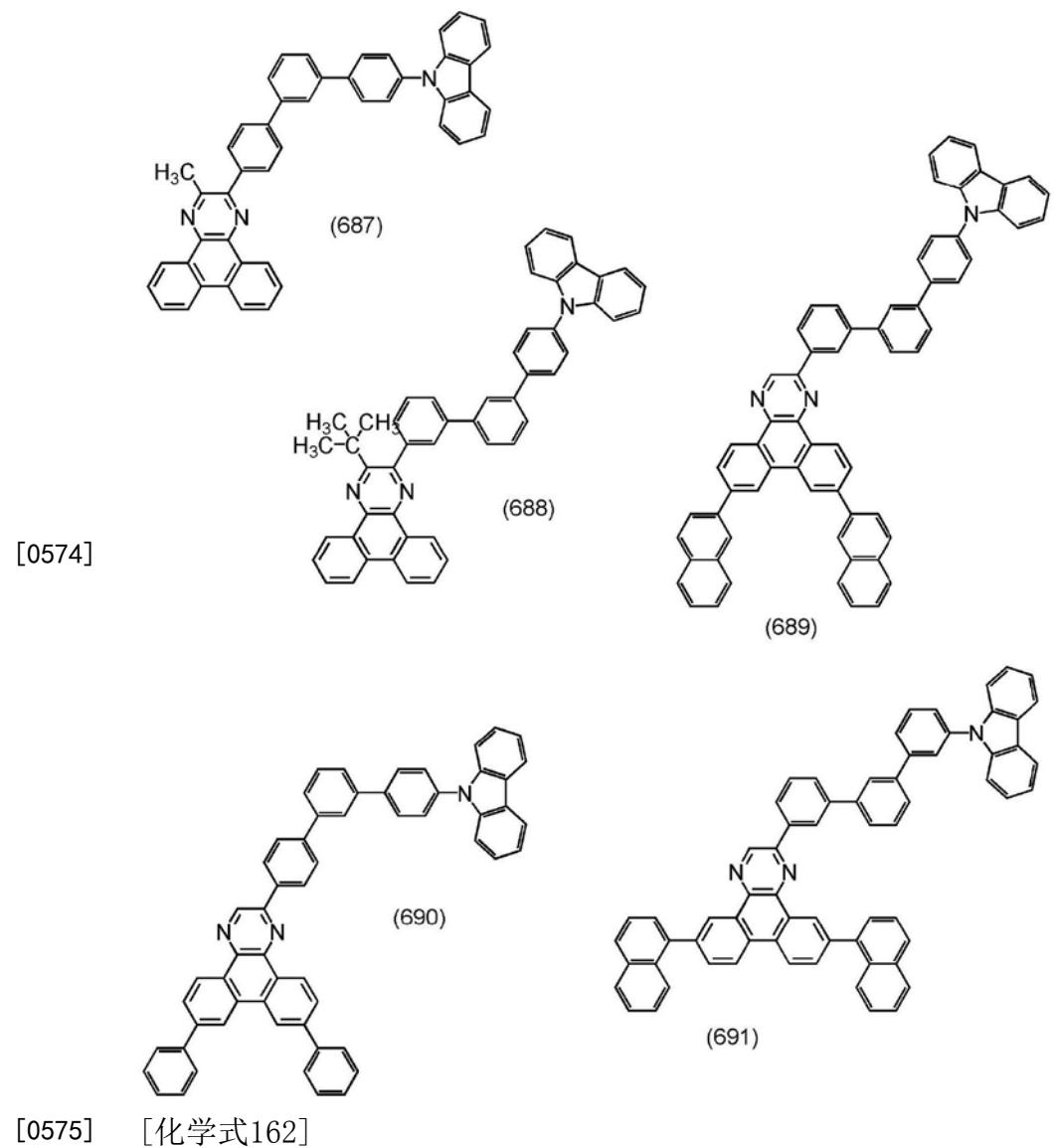


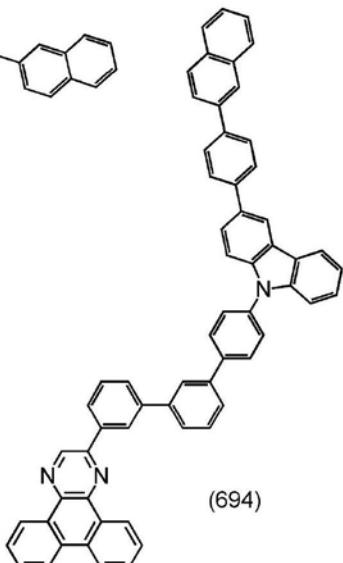
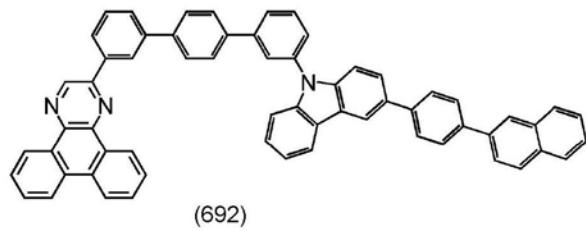
[0572]



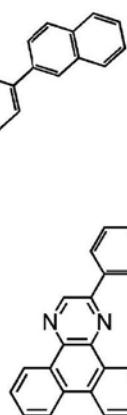
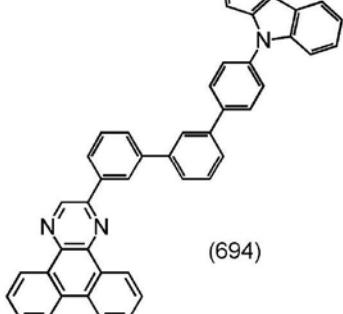
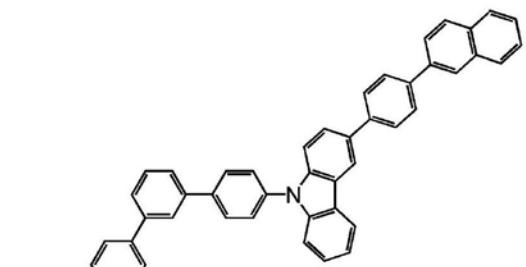
[0573]

[化学式161]

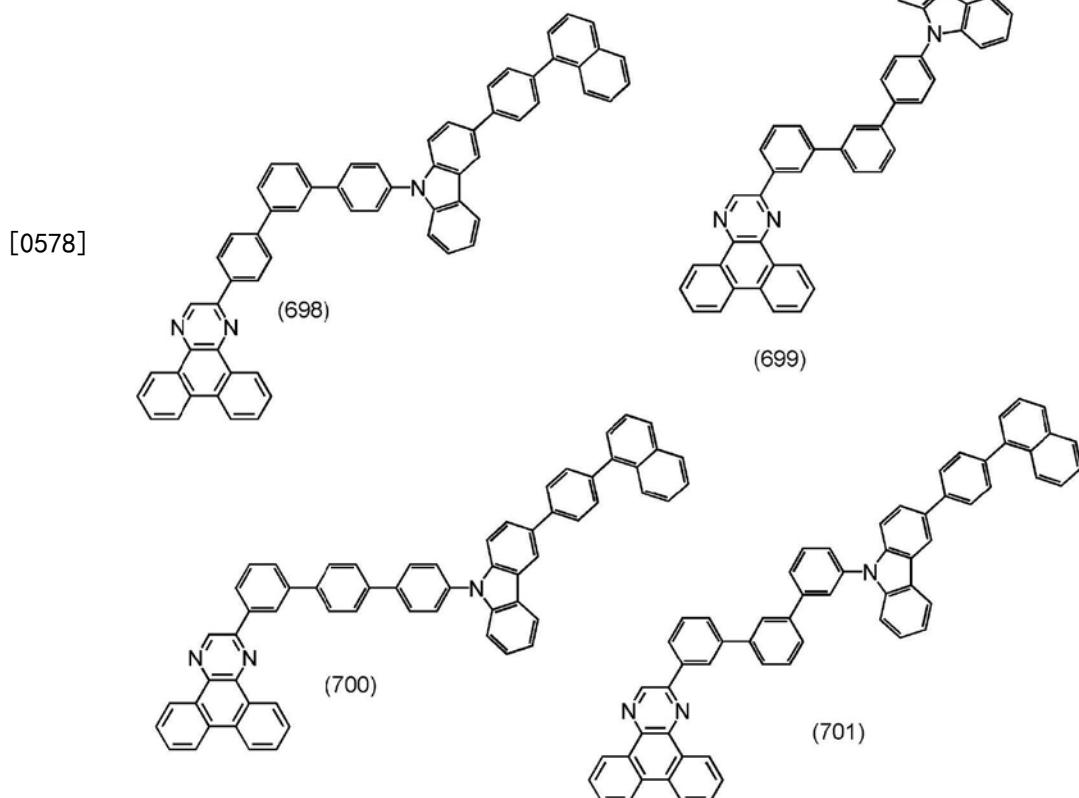
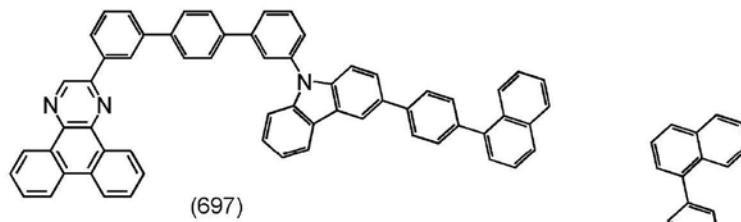




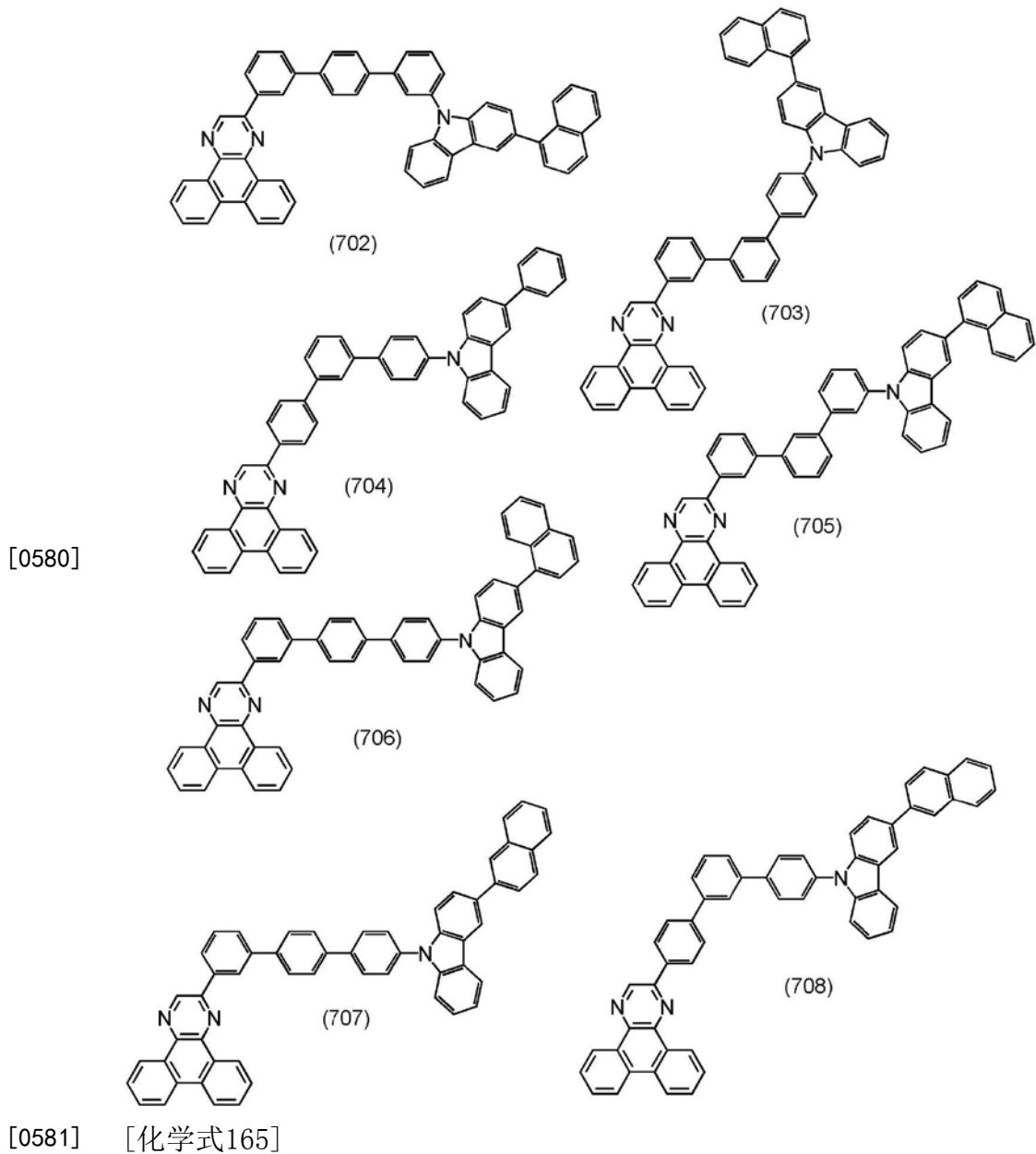
[0576]

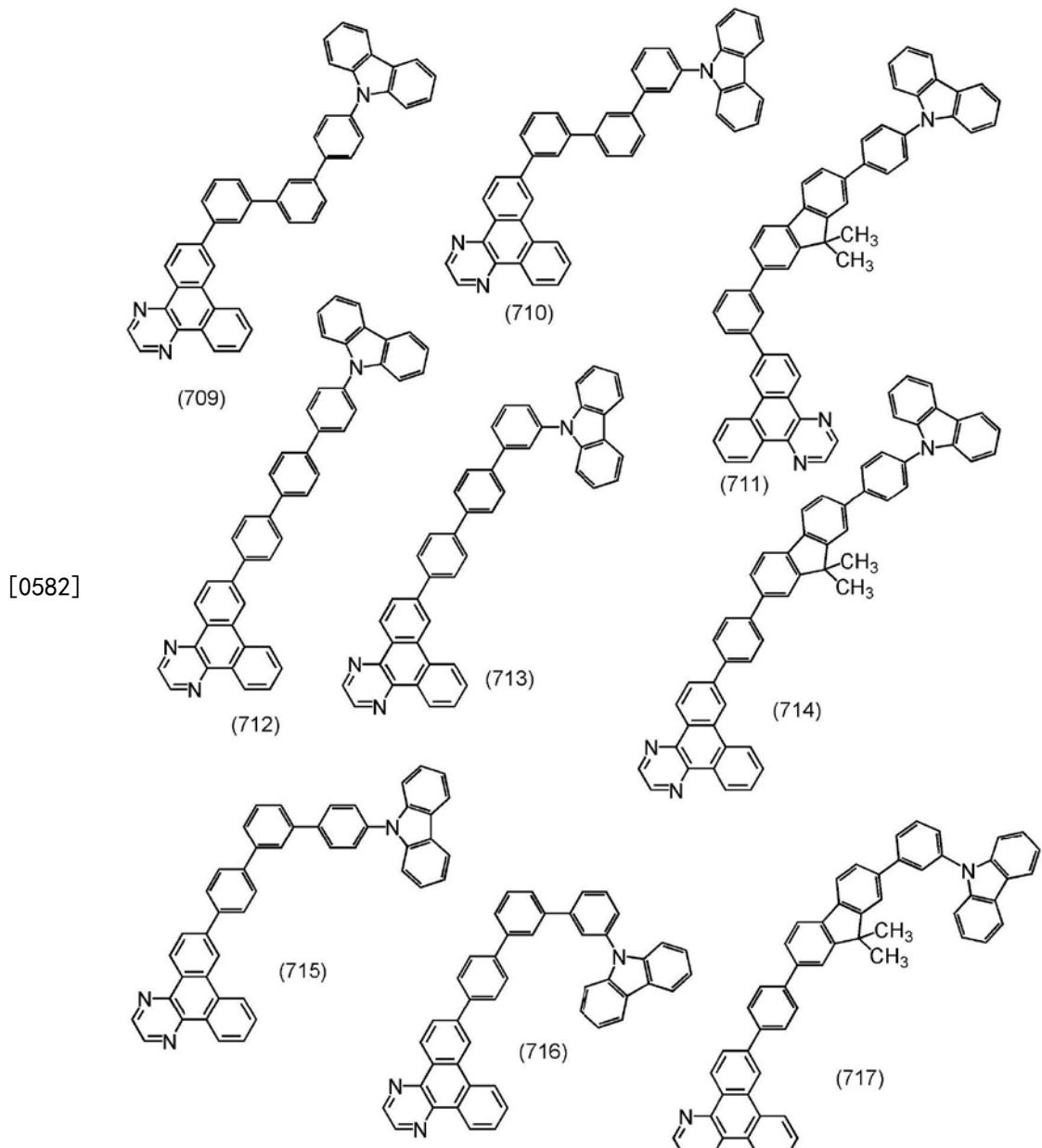


[0577] [化学式163]

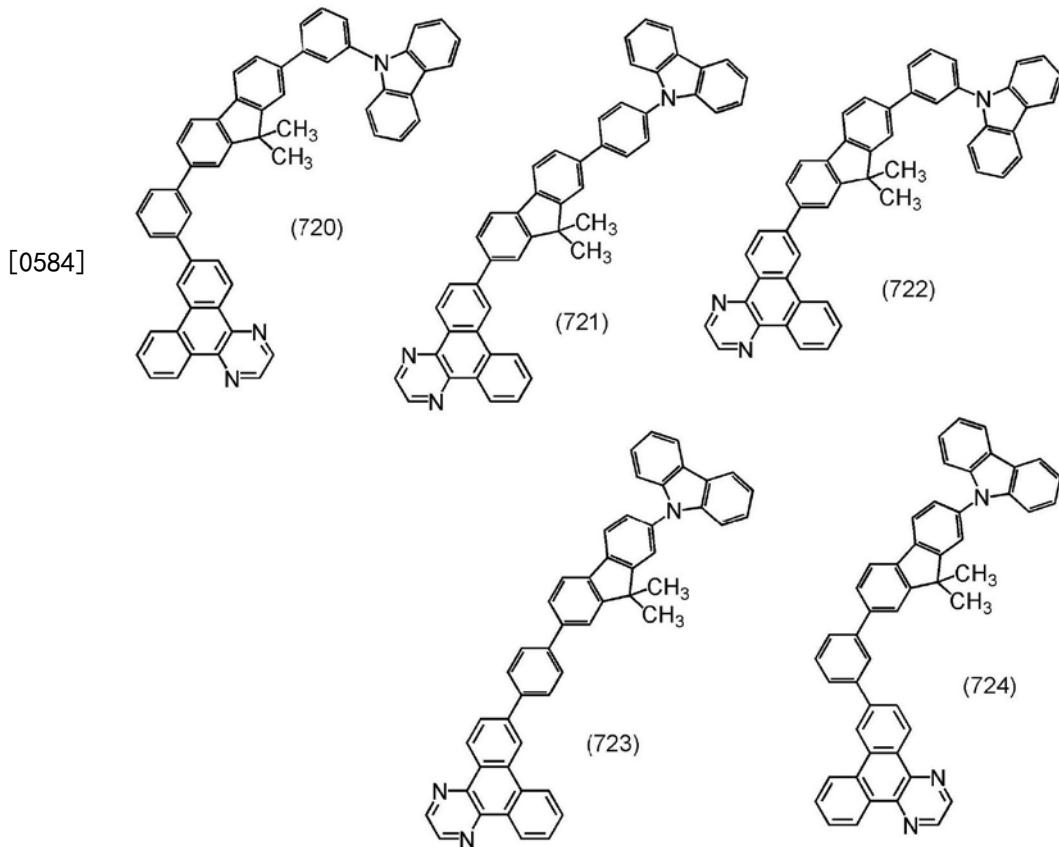
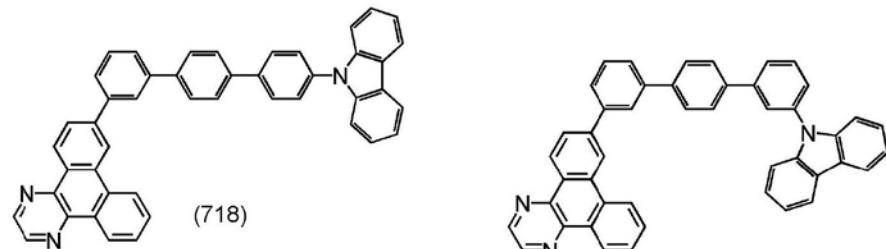


[0579] [化学式164]

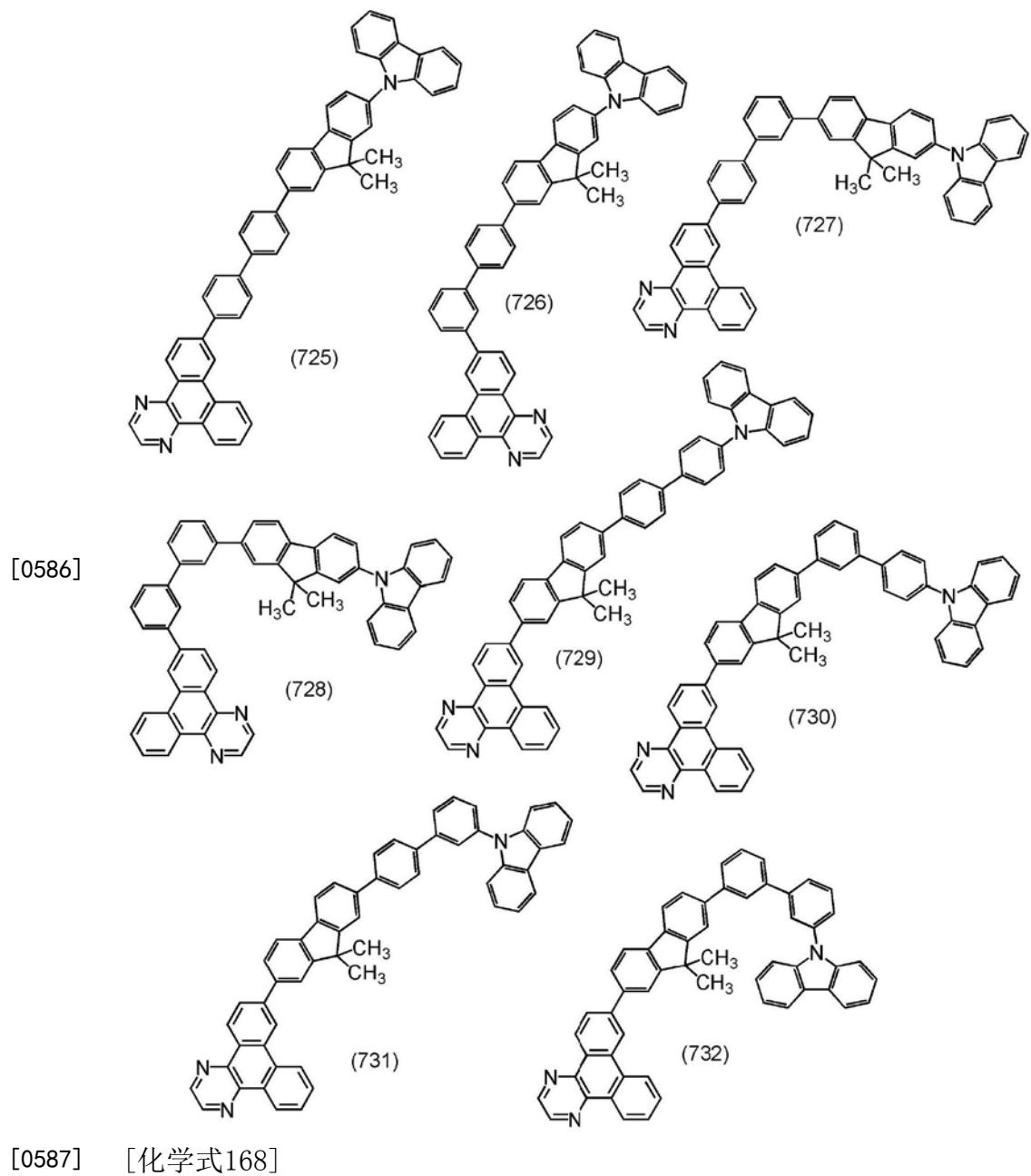




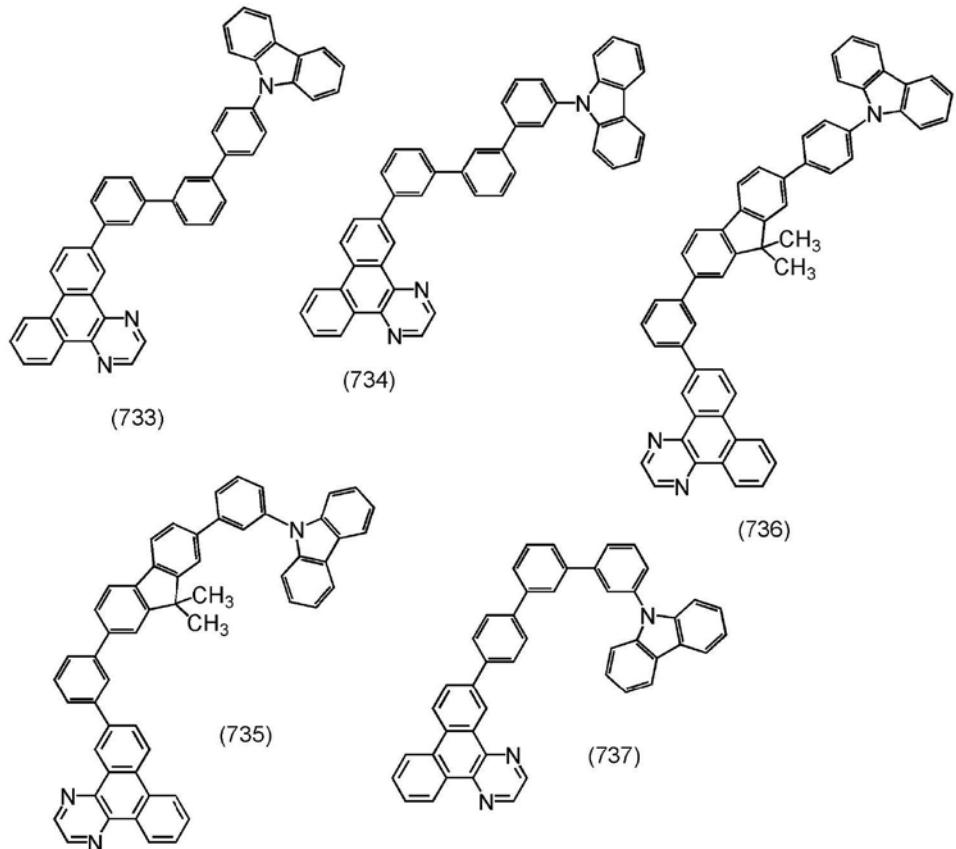
[0583] [化学式166]



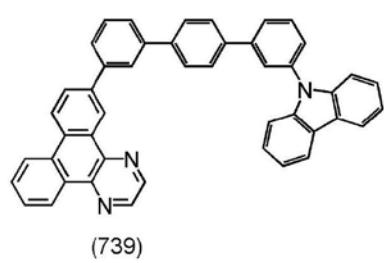
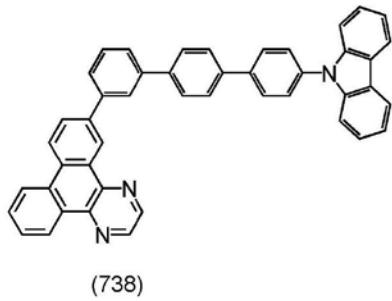
[0585] [化学式167]



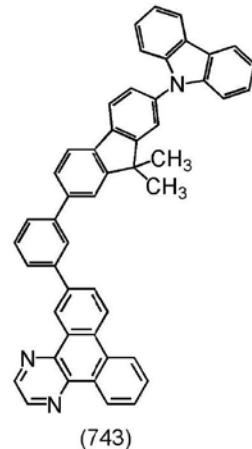
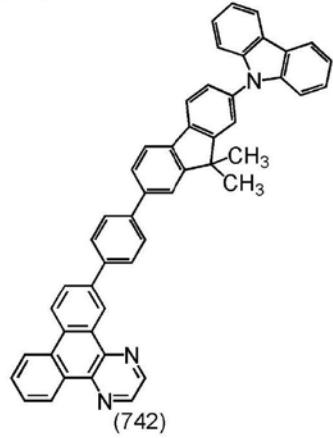
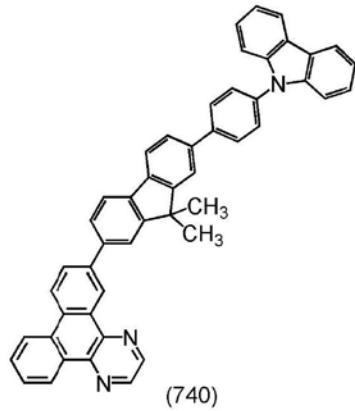
[0587] [化学式168]



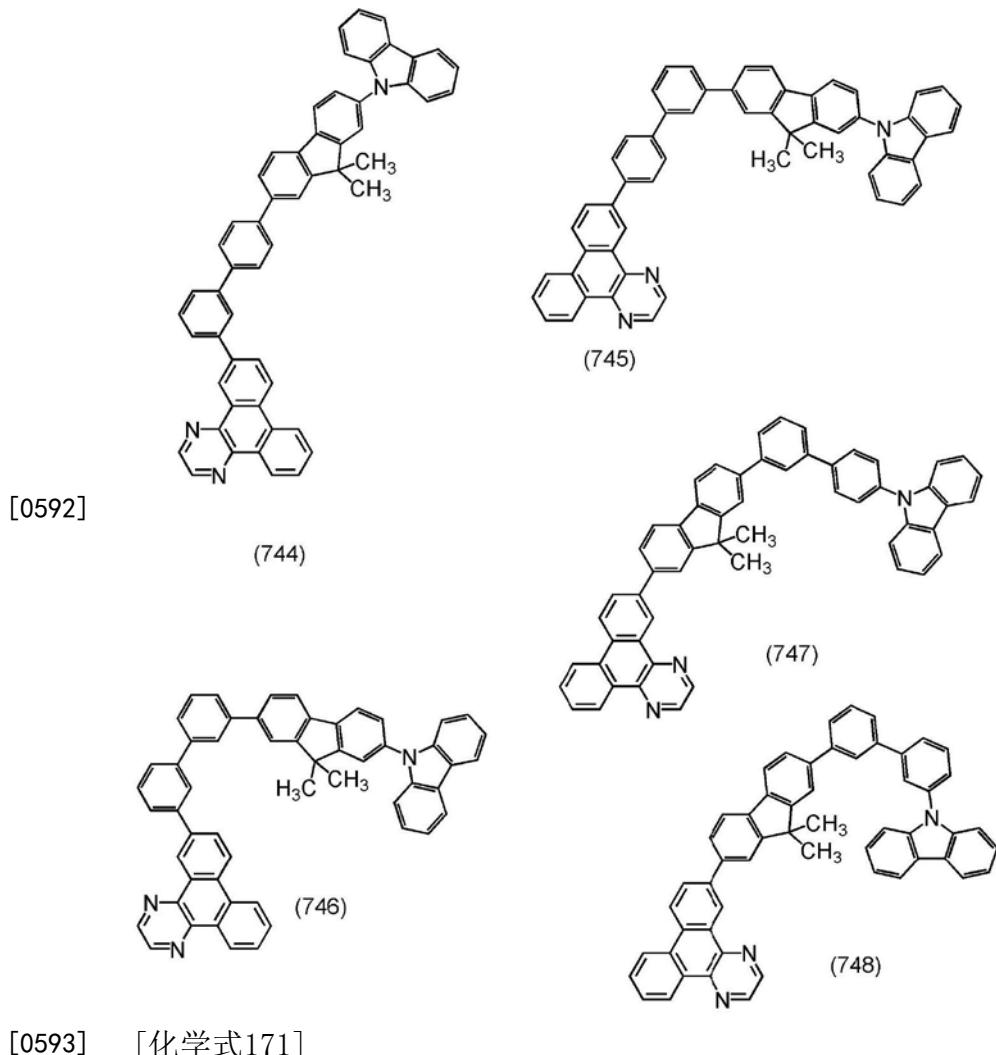
[0588] [化学式169]

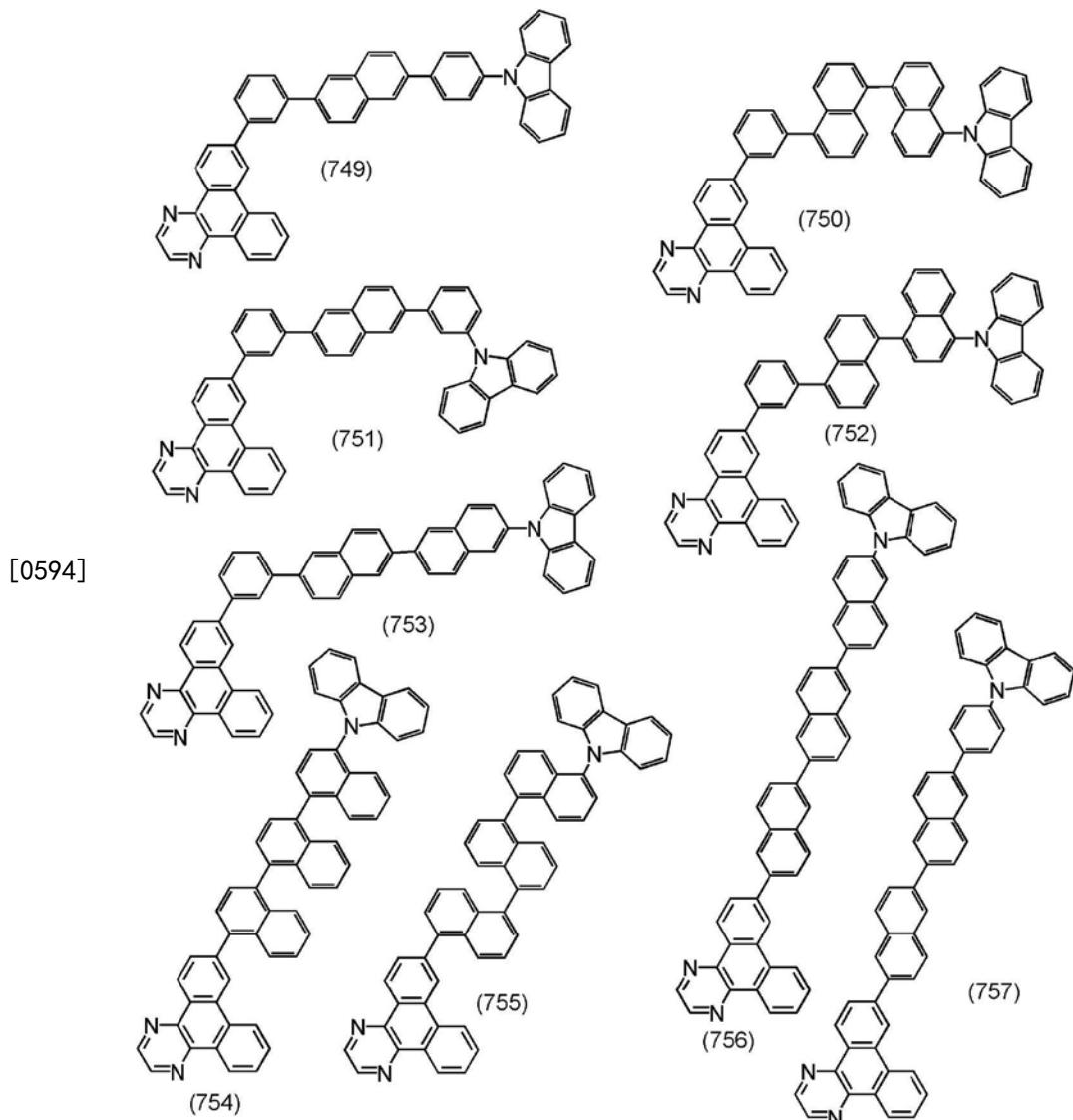


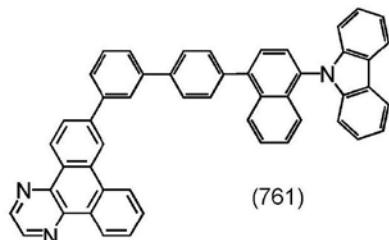
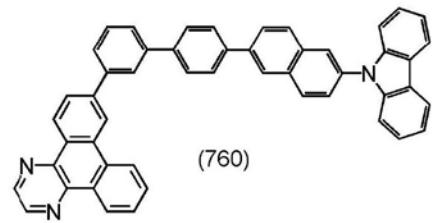
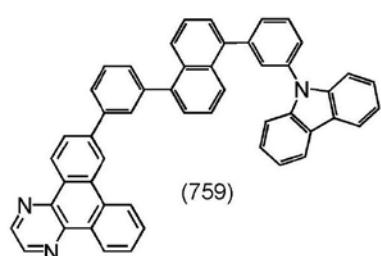
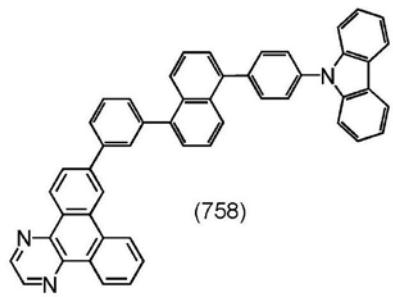
[0590]



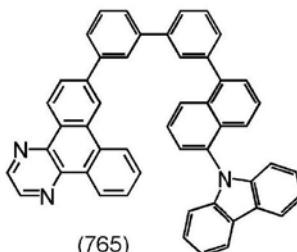
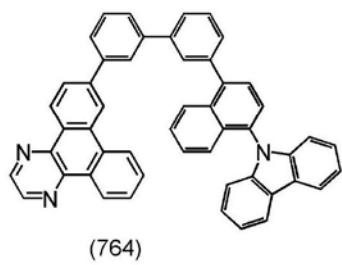
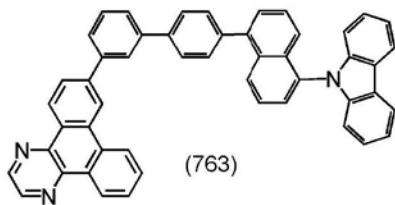
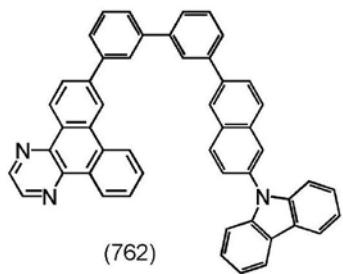
[0591] [化学式170]



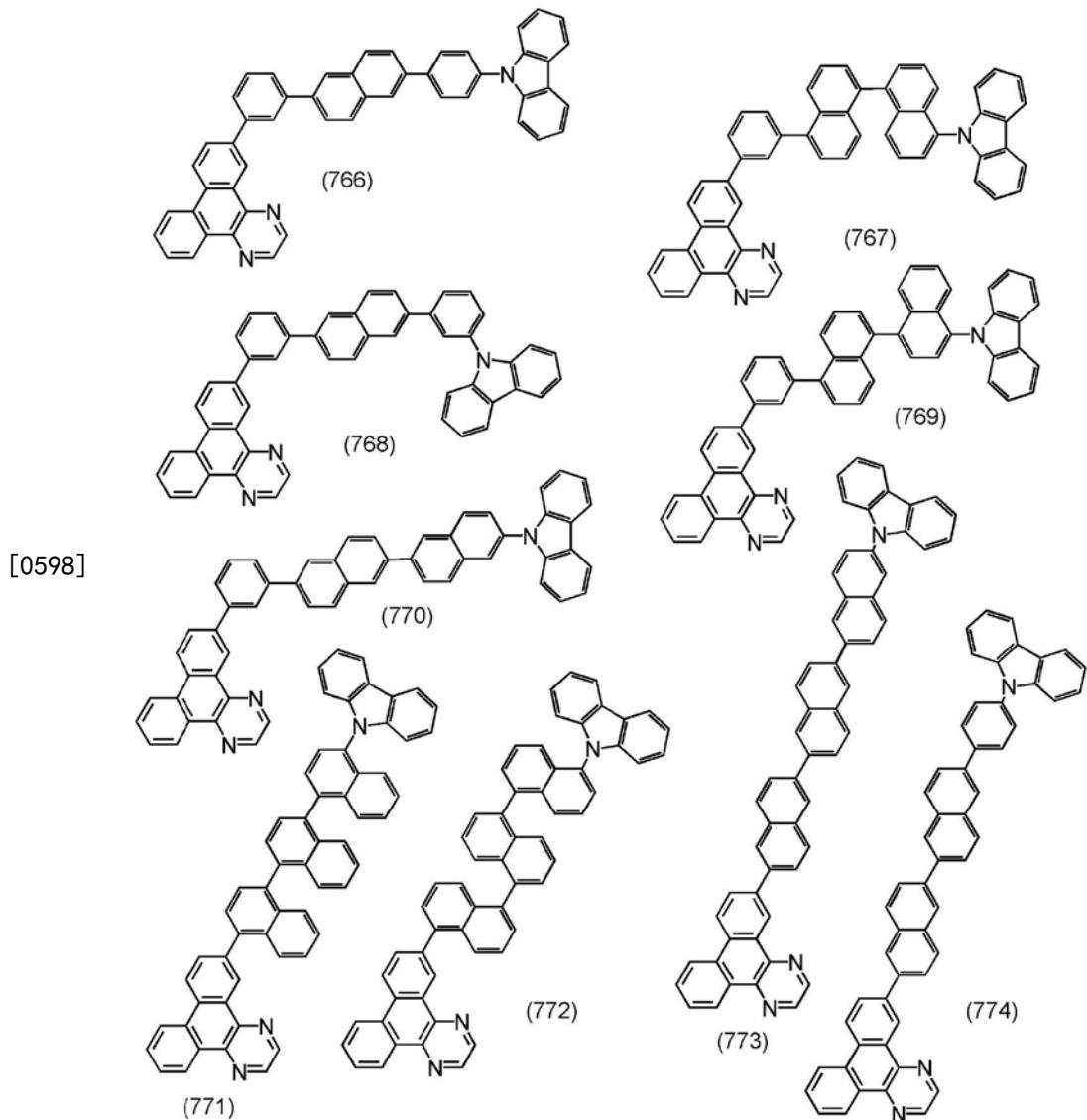


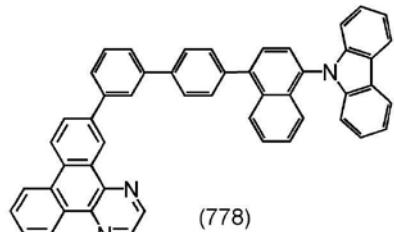
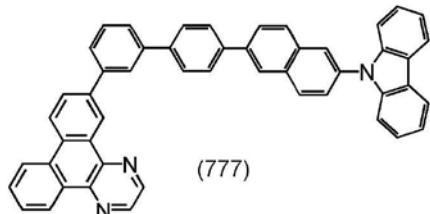
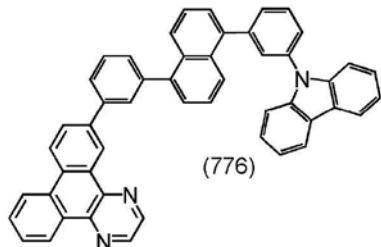
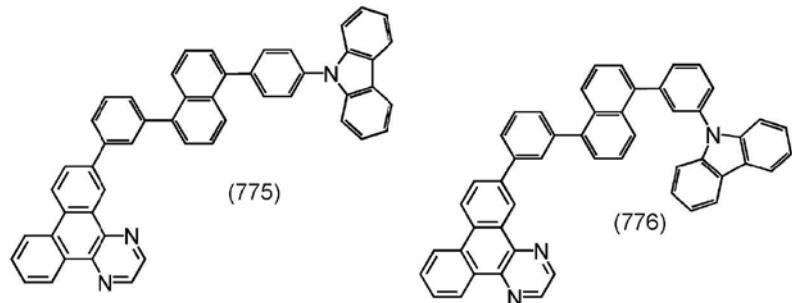


[0596]

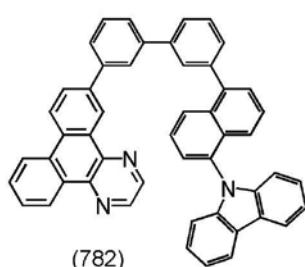
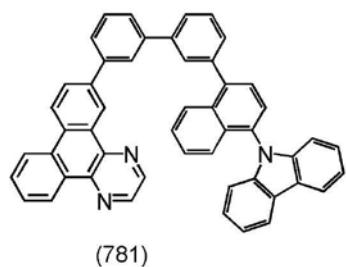
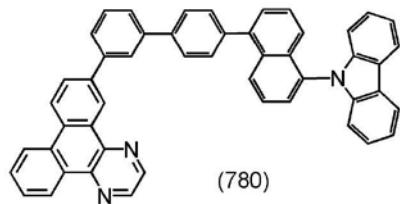
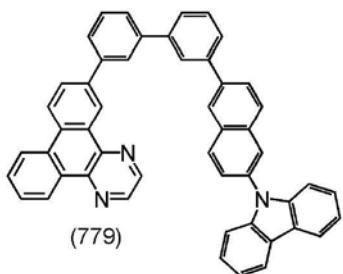


[0597] [化学式173]

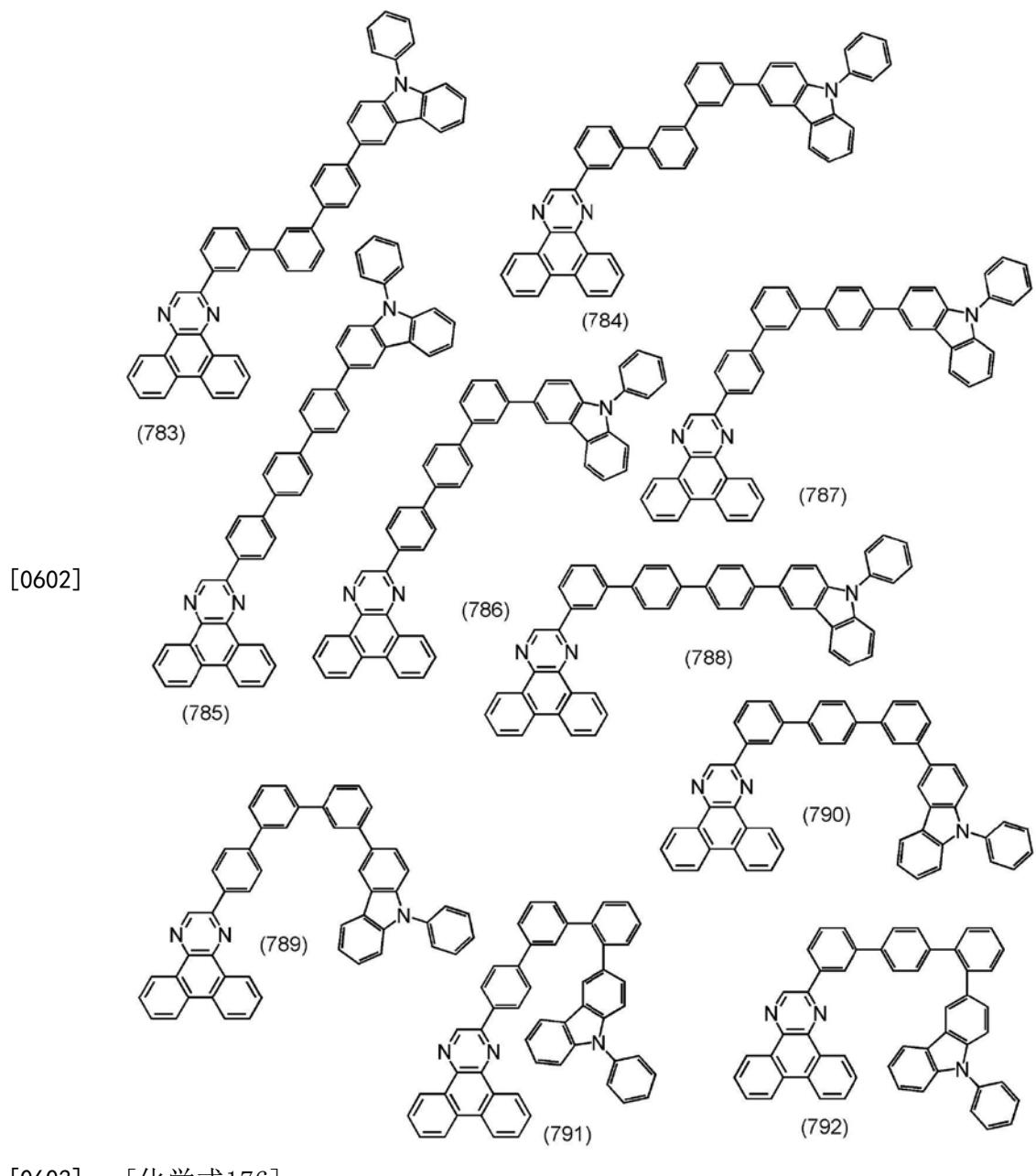


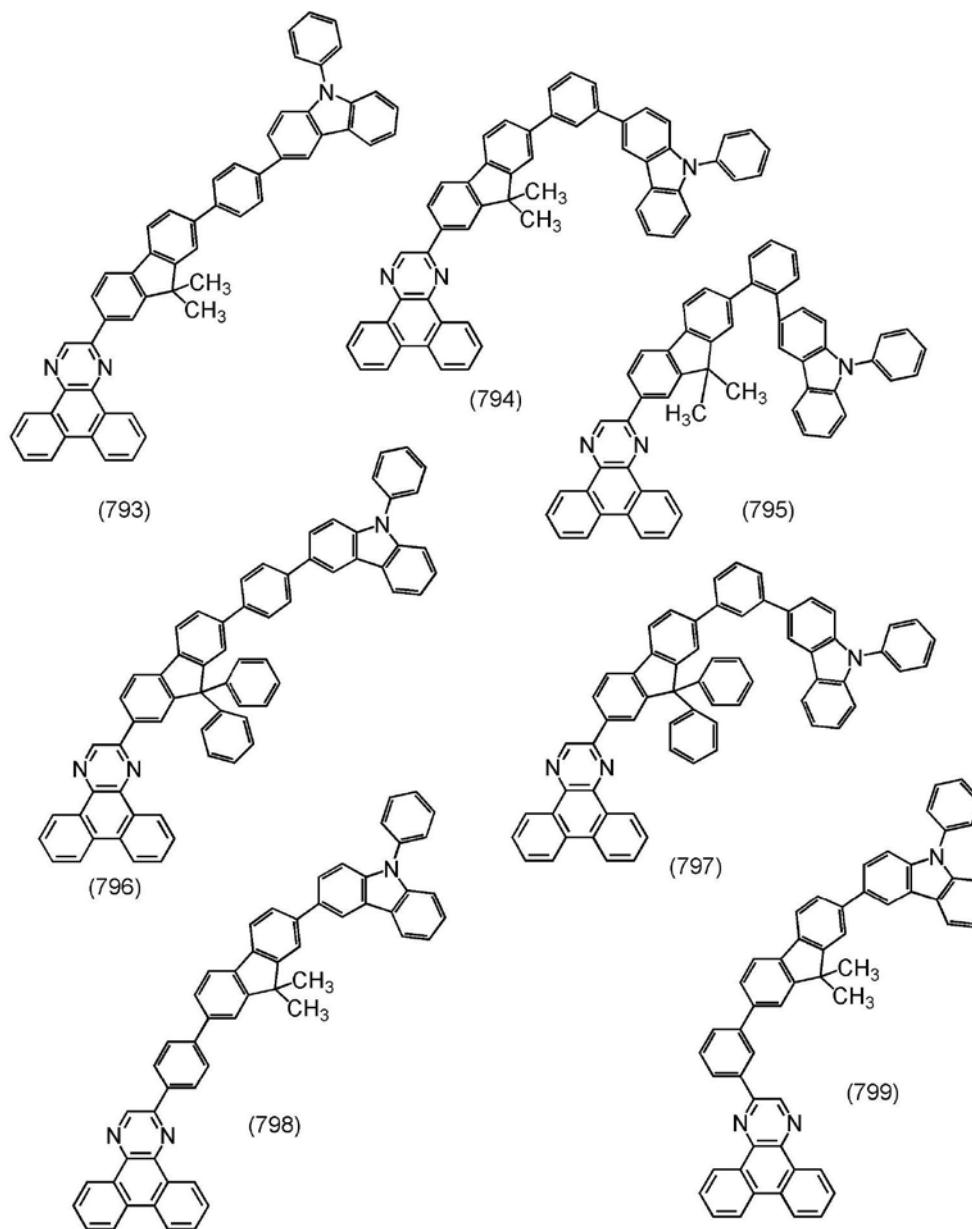


[0600]



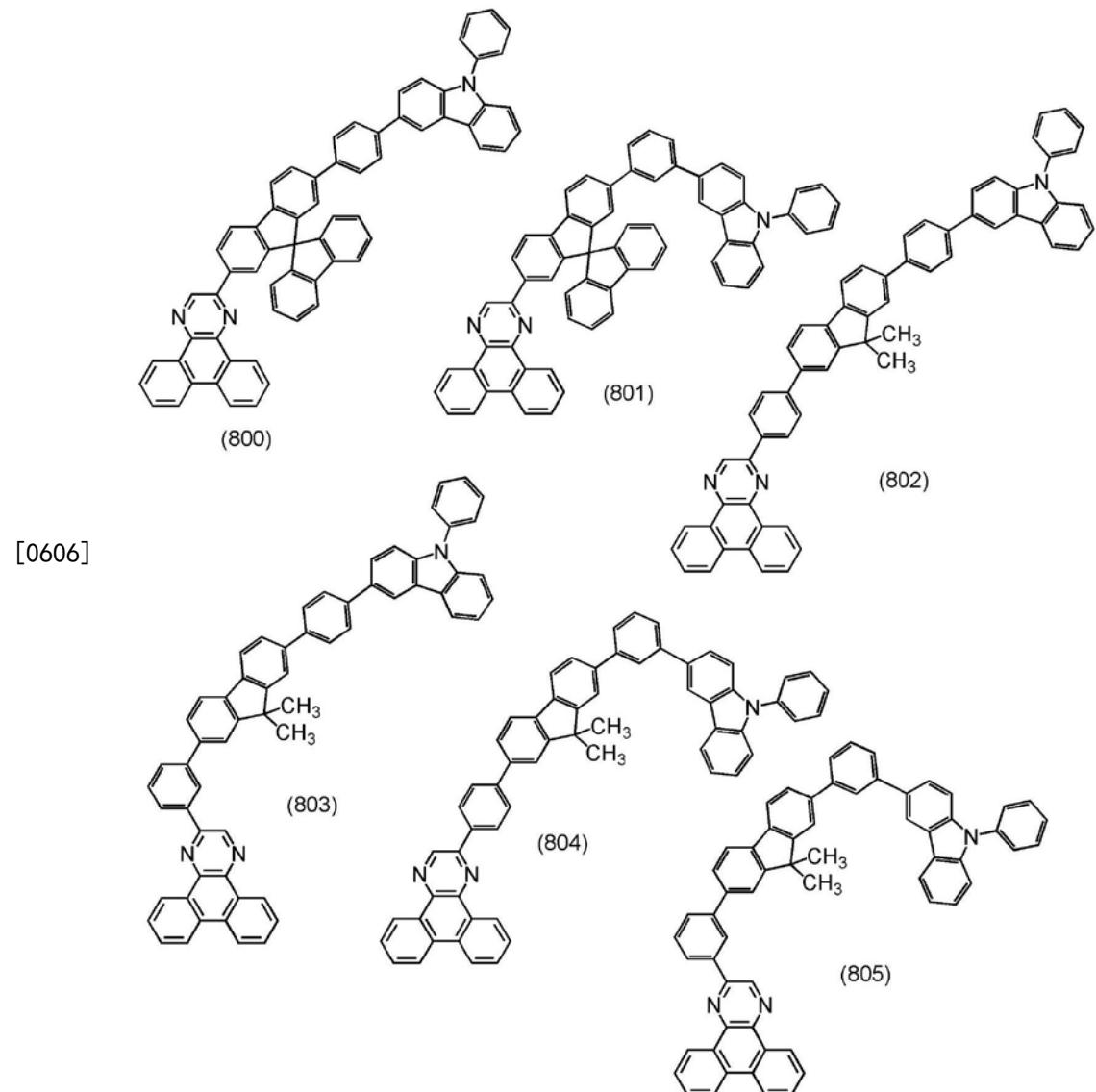
[0601] [化学式175]



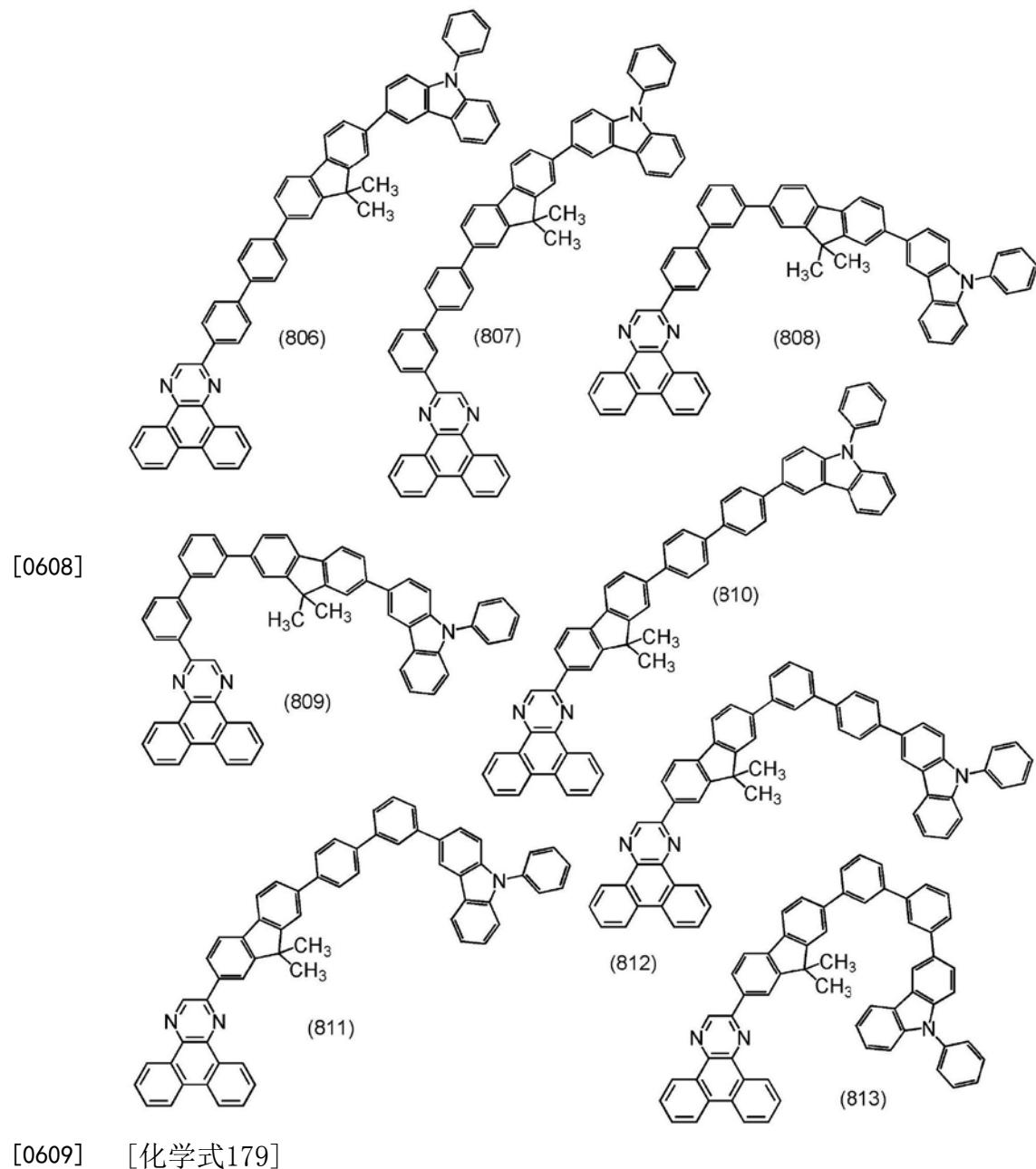


[0604]

[0605] [化学式177]

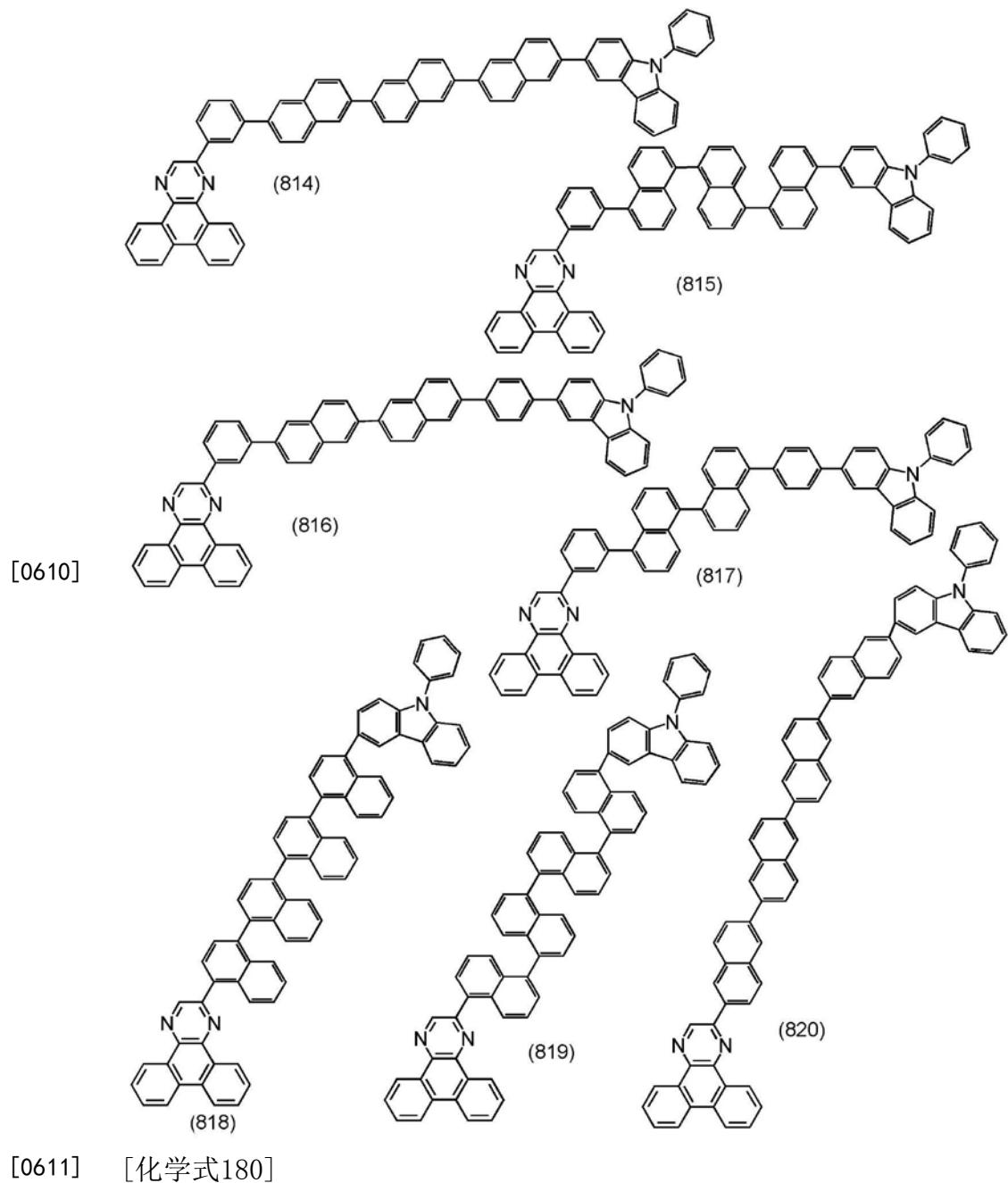


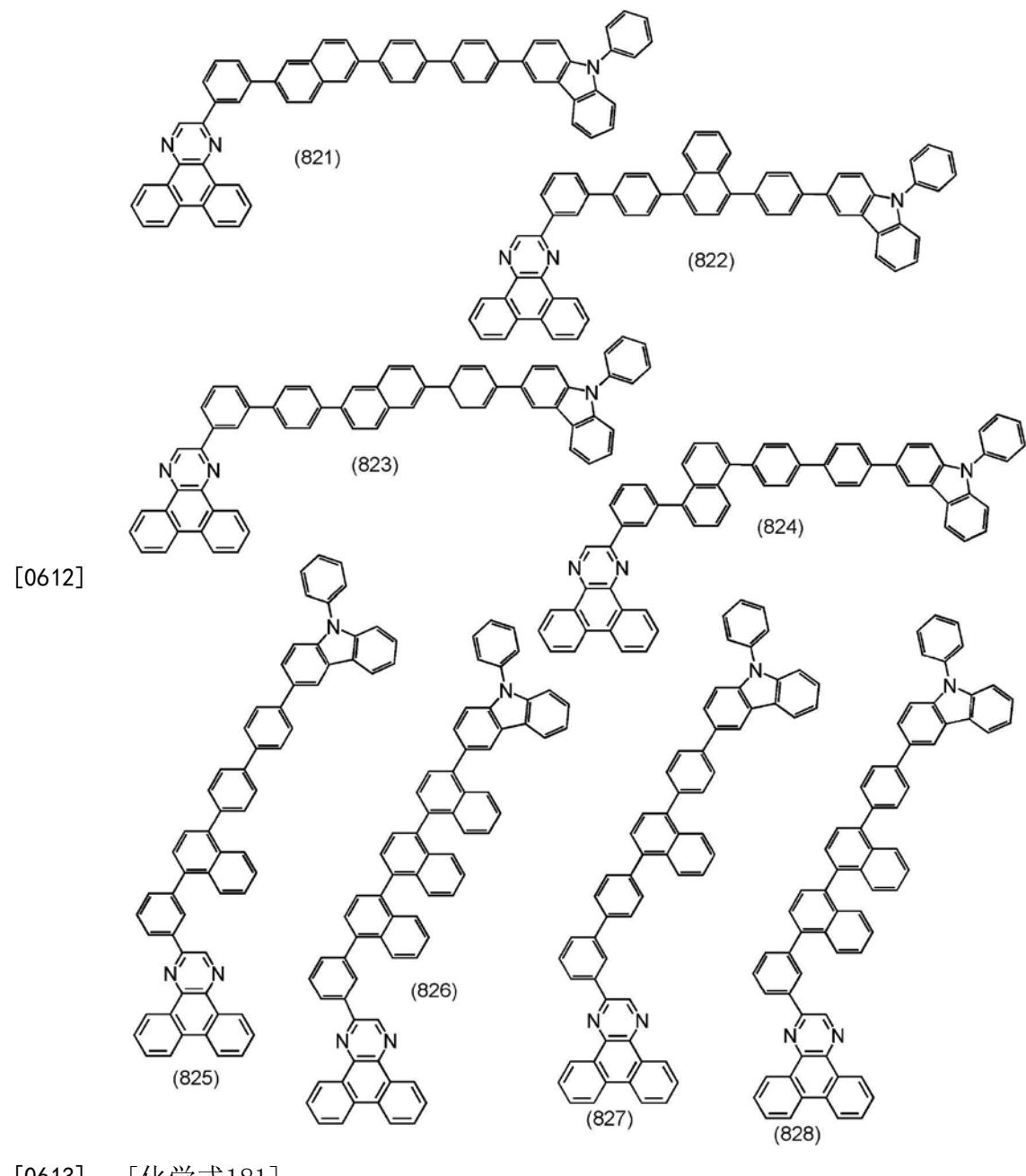
[0607] [化学式178]

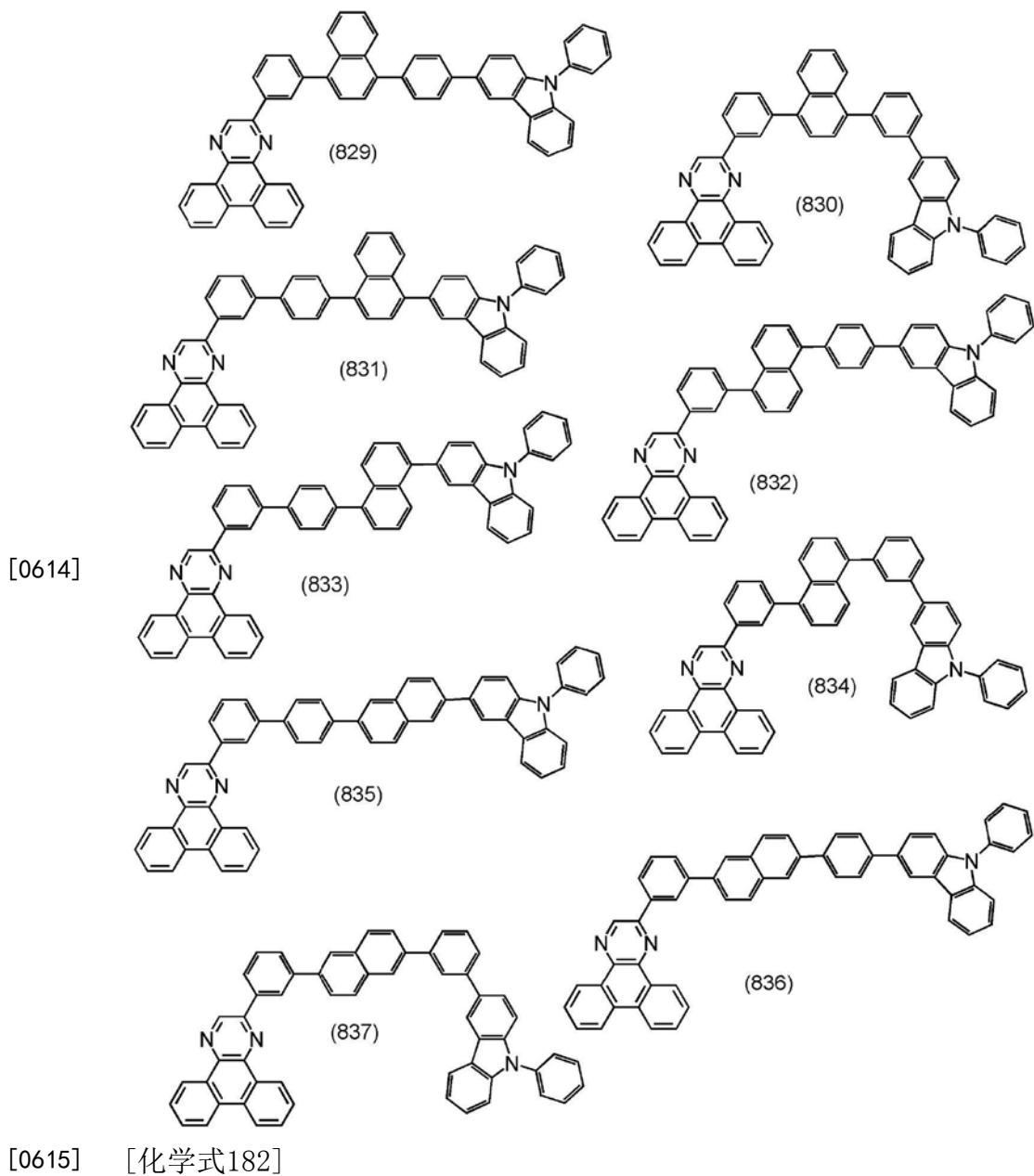


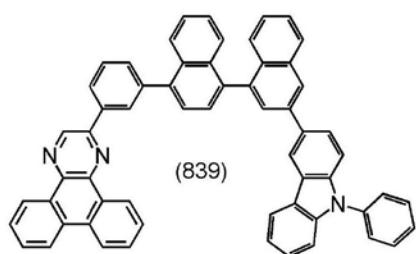
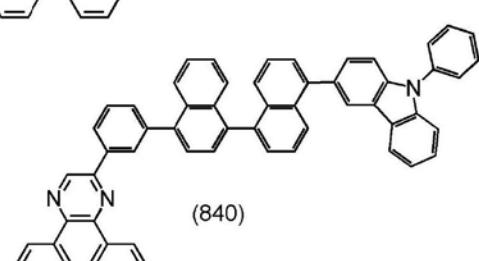
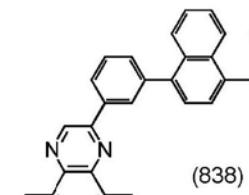
[0609]

[化学式179]

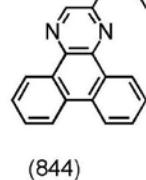
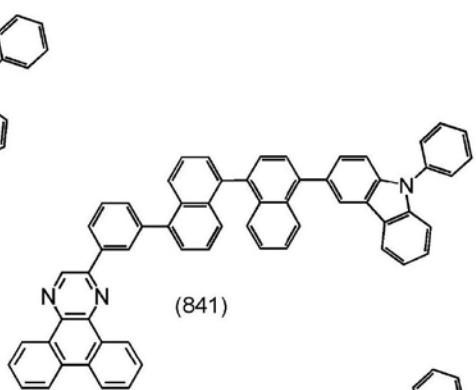
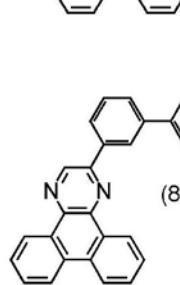




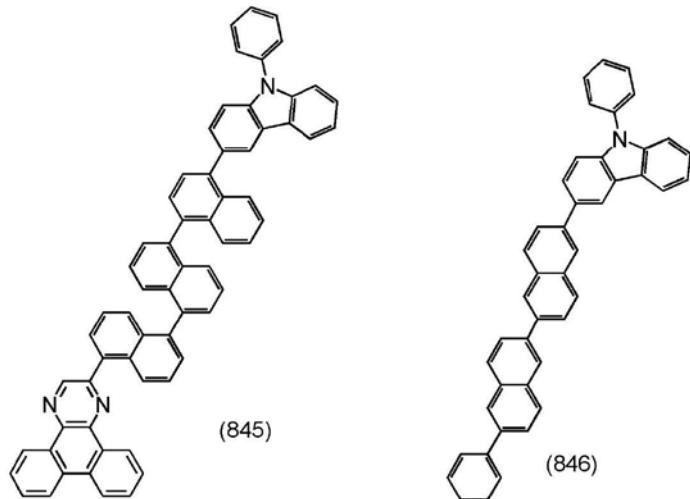




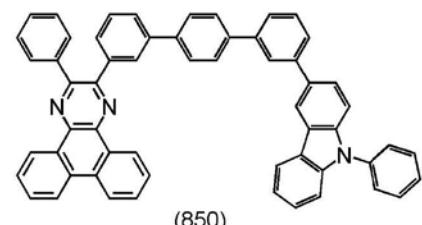
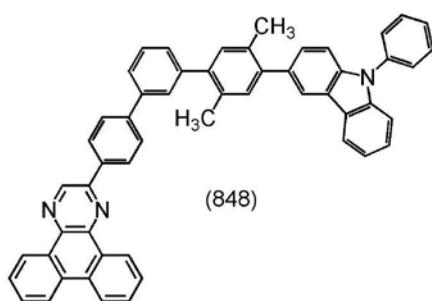
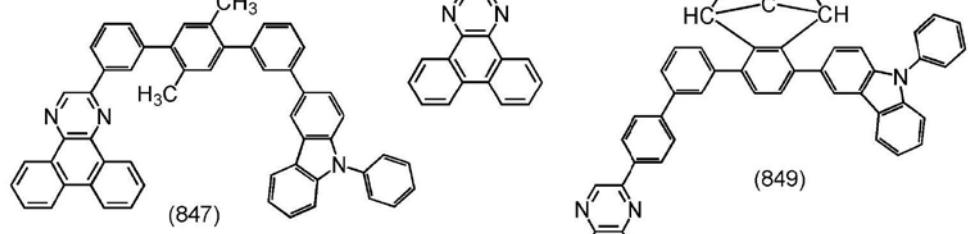
[0616]



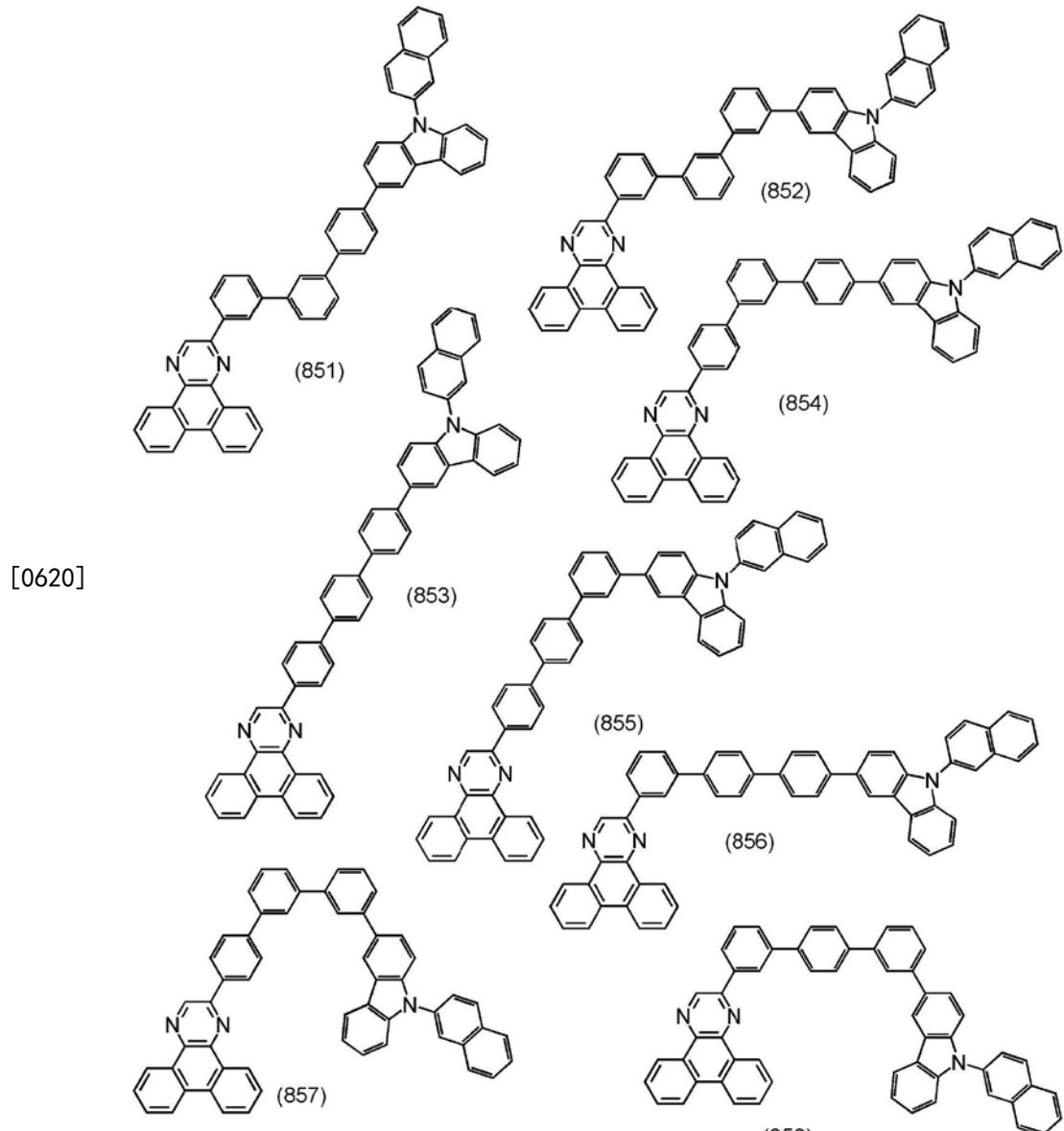
[0617] [化学式183]



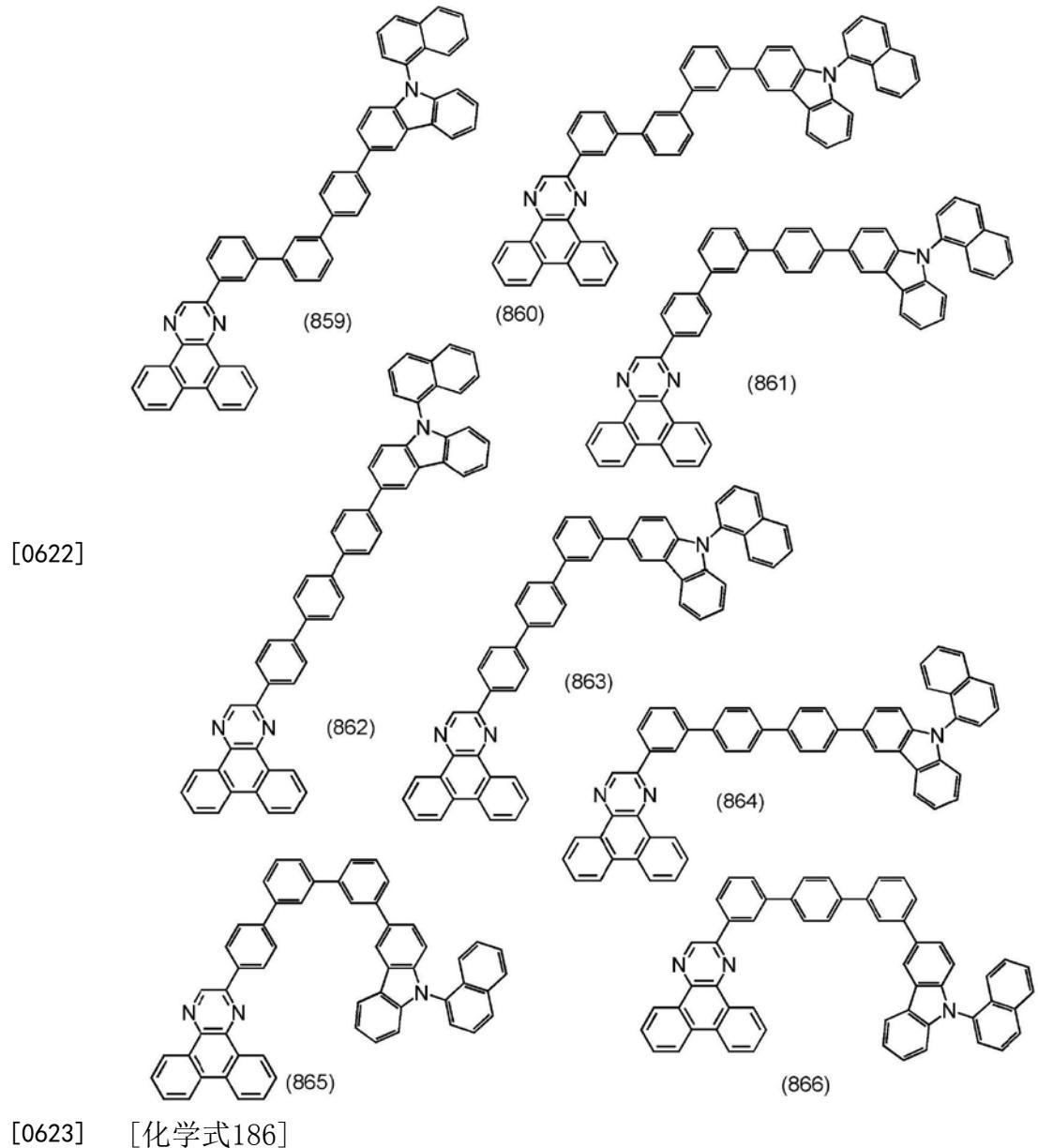
[0618]

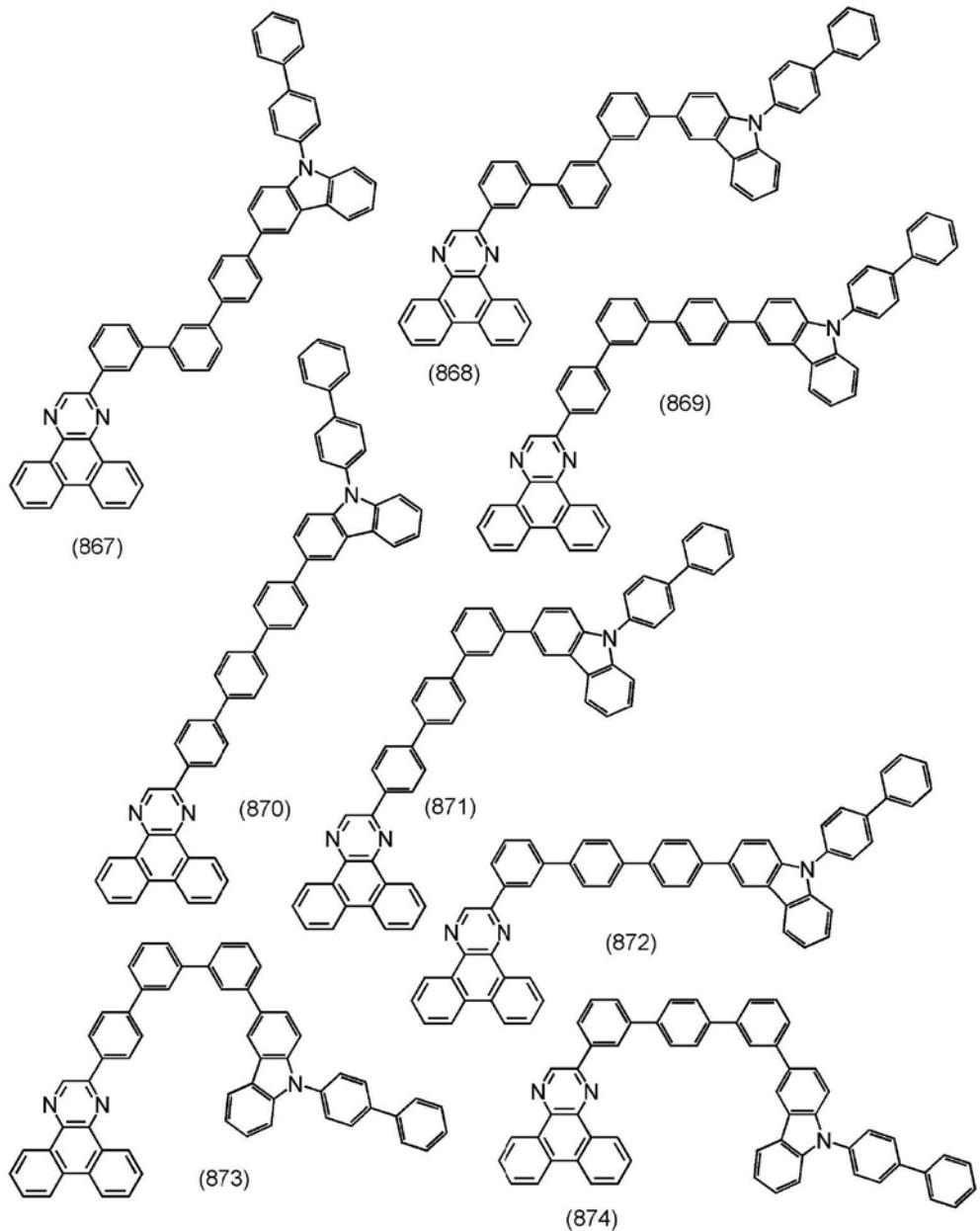


[0619] [化学式184]

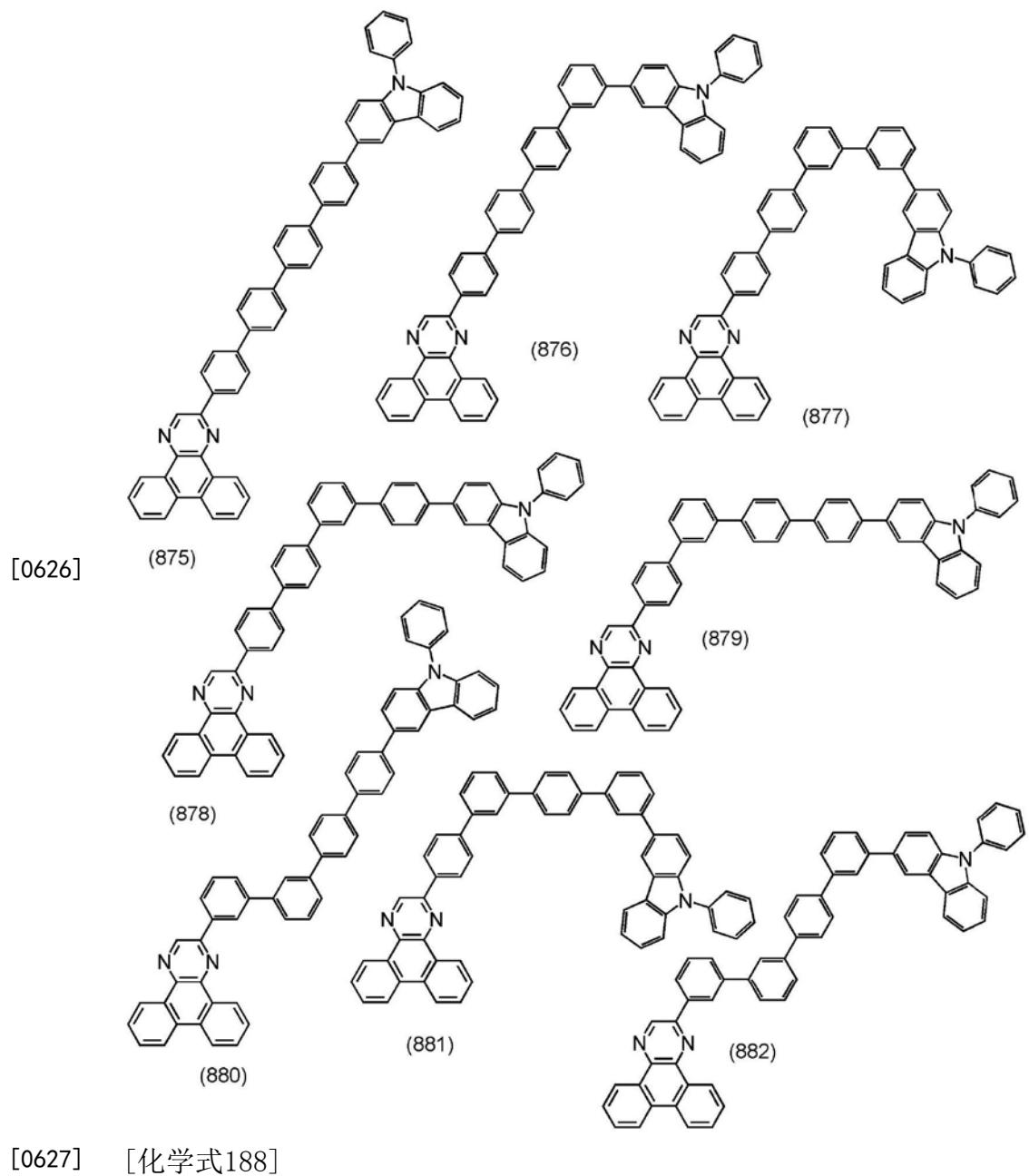


[0621] [化学式185]

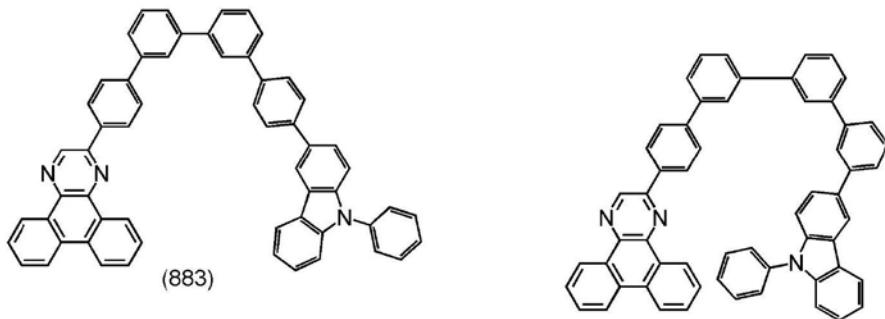




[0625] [化学式187]

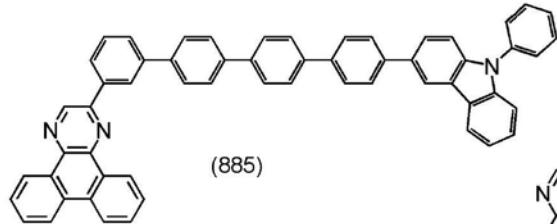


[0627] [化学式188]

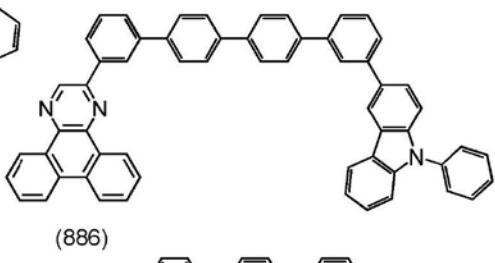


(883)

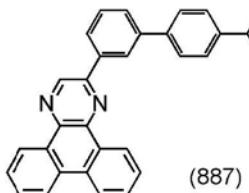
(884)



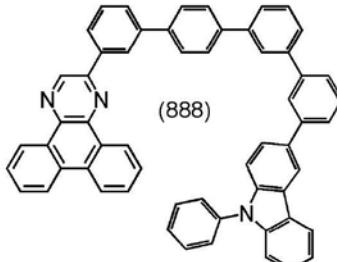
(885)



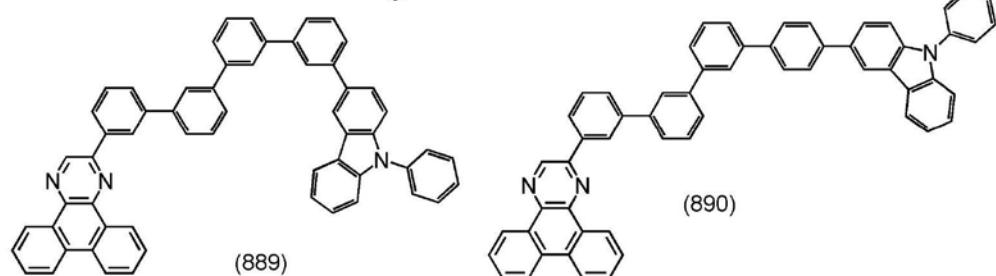
(886)



(887)



(888)

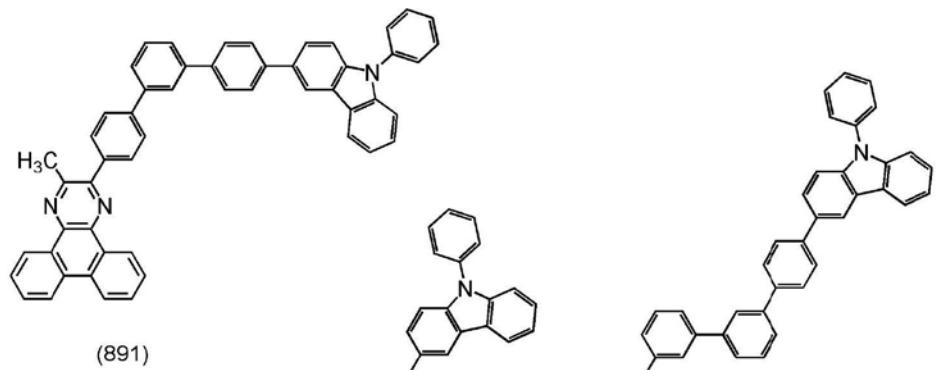


(889)

(890)

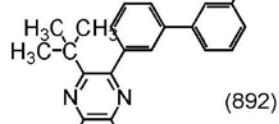
[0629]

[化学式189]



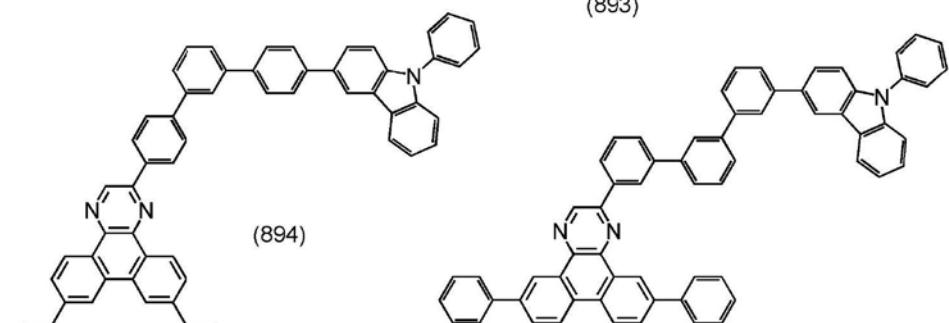
(891)

[0630]

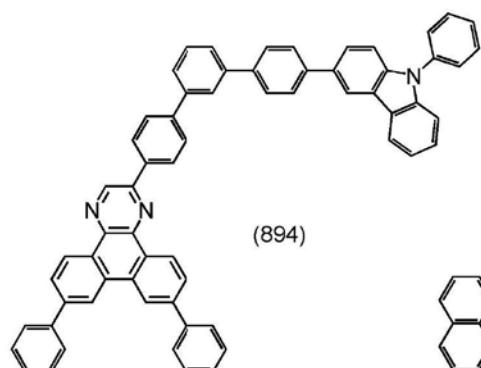


(892)

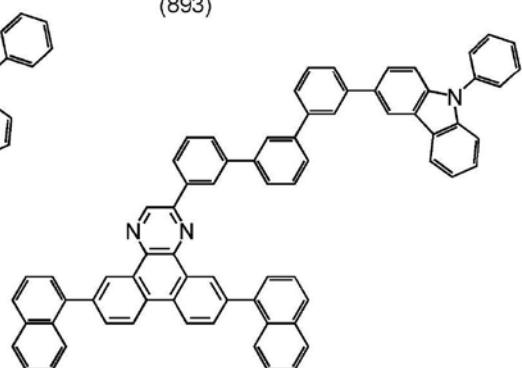
(893)



(893)

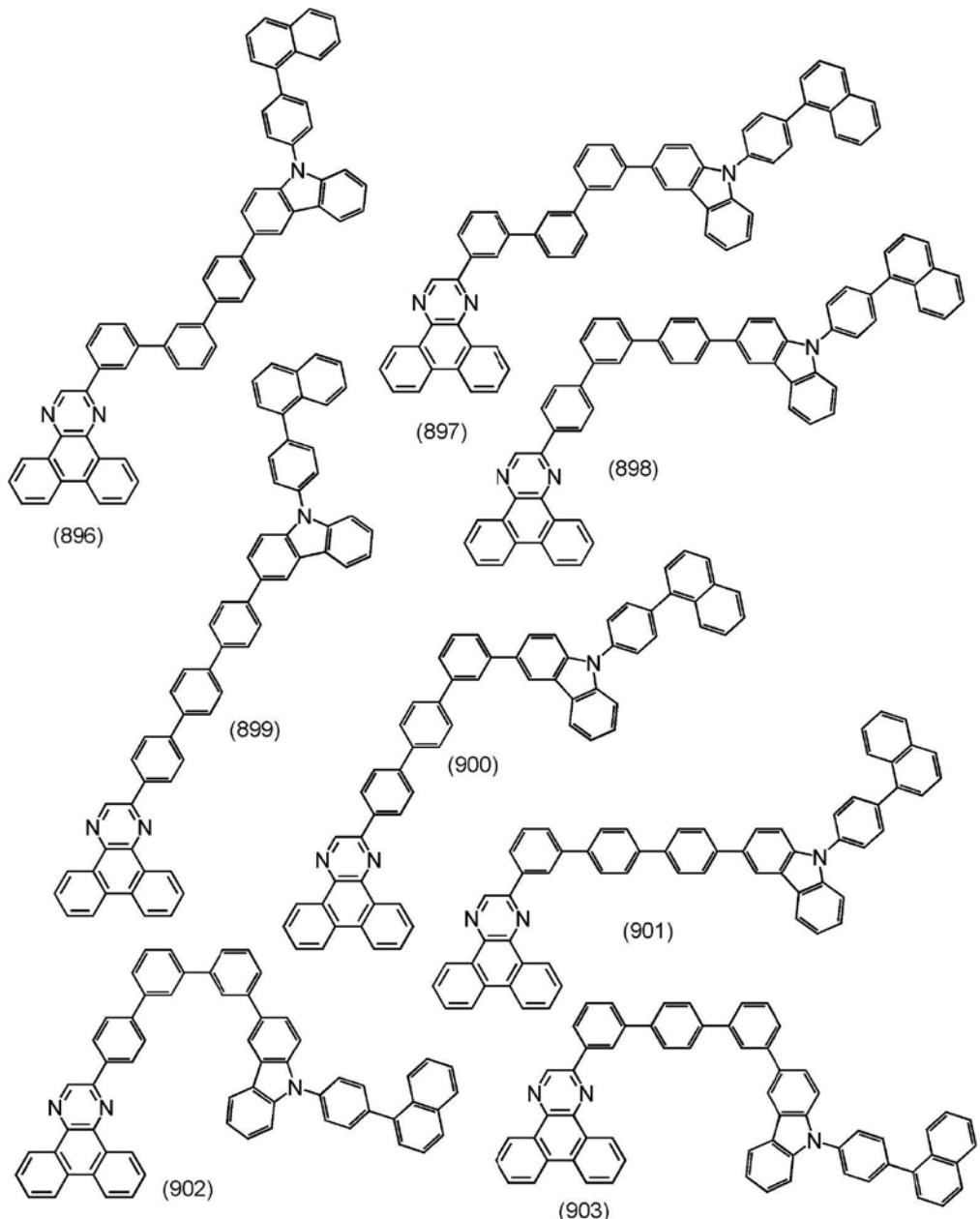


(894)



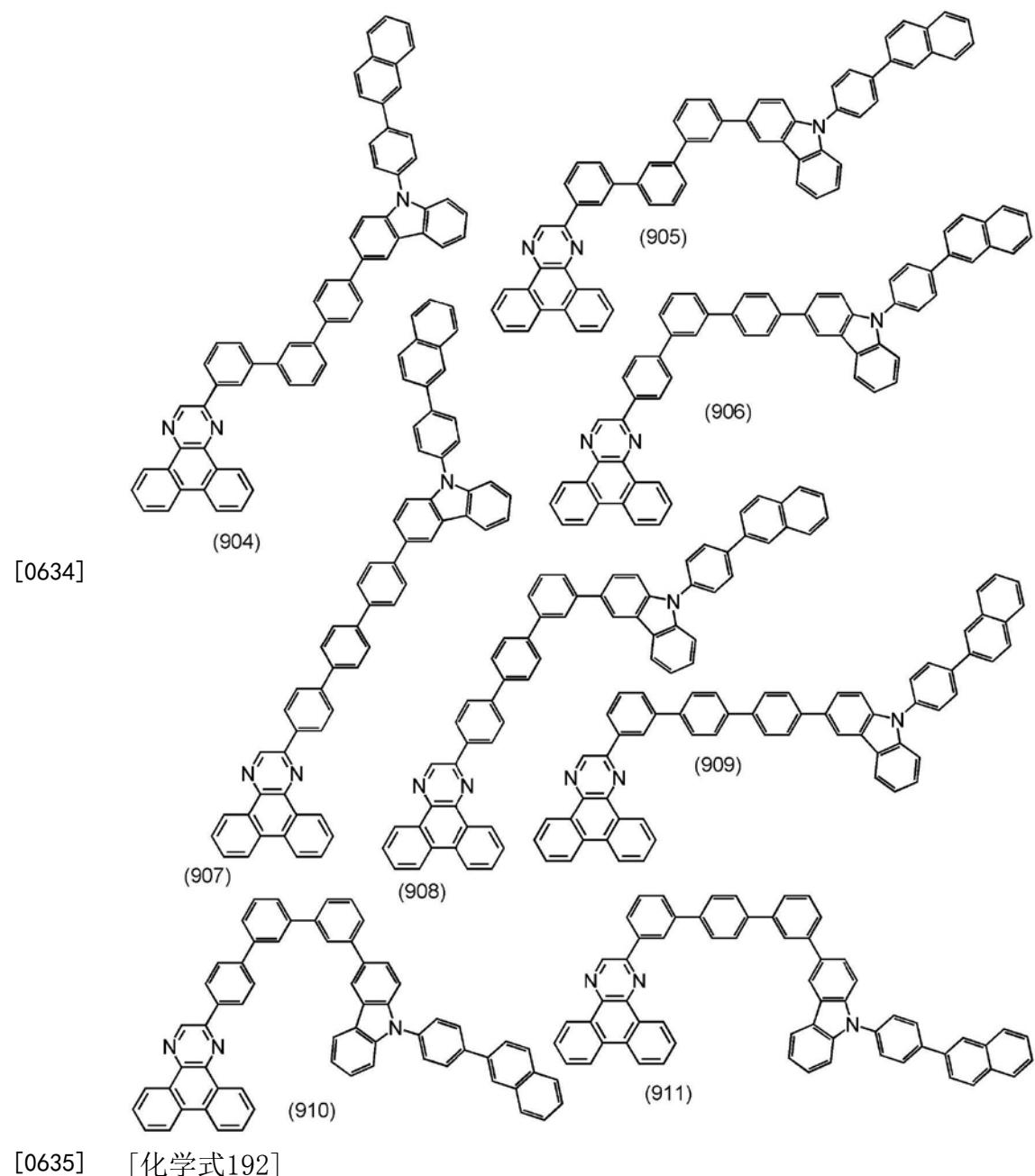
(895)

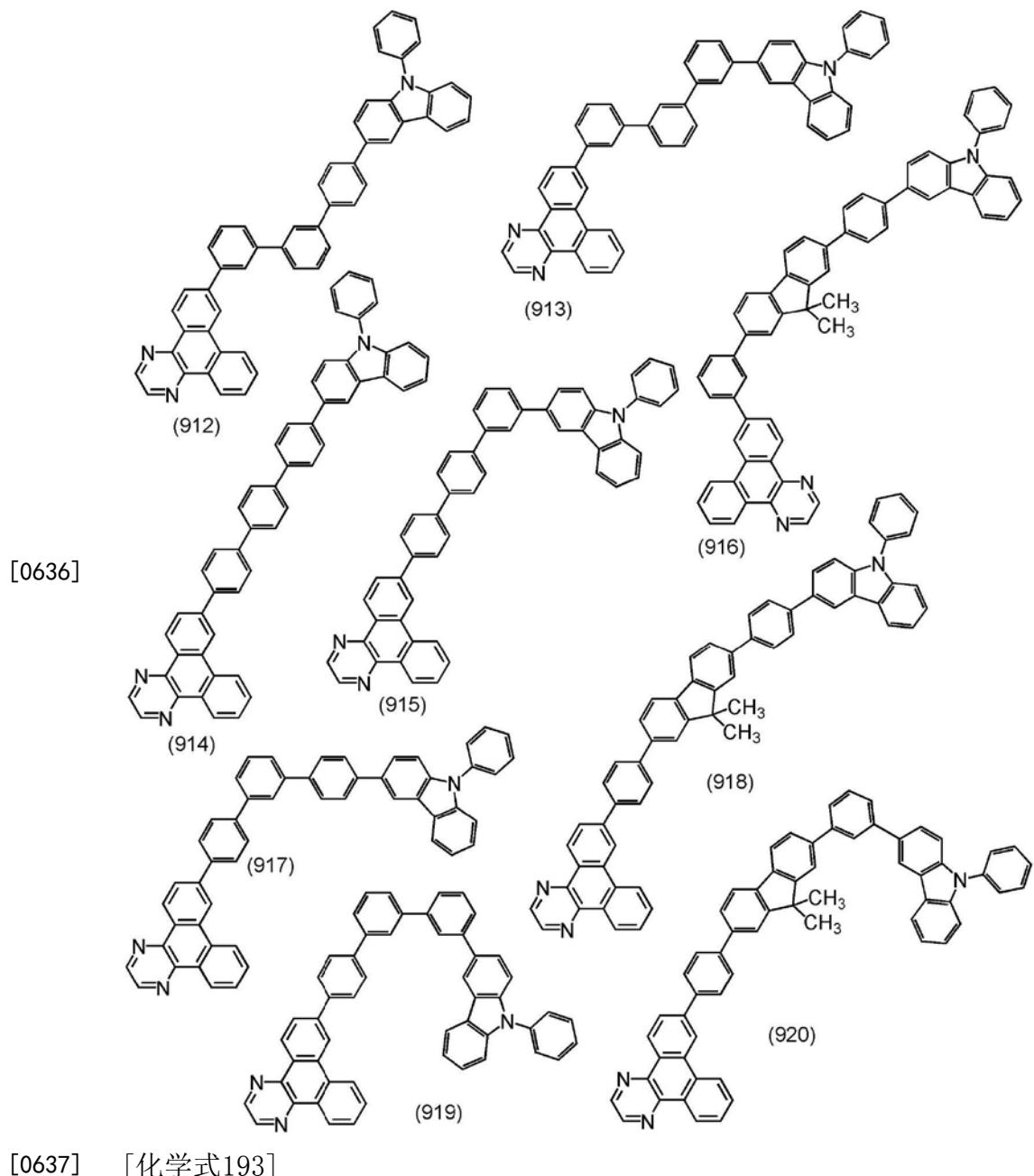
[0631] [化学式190]

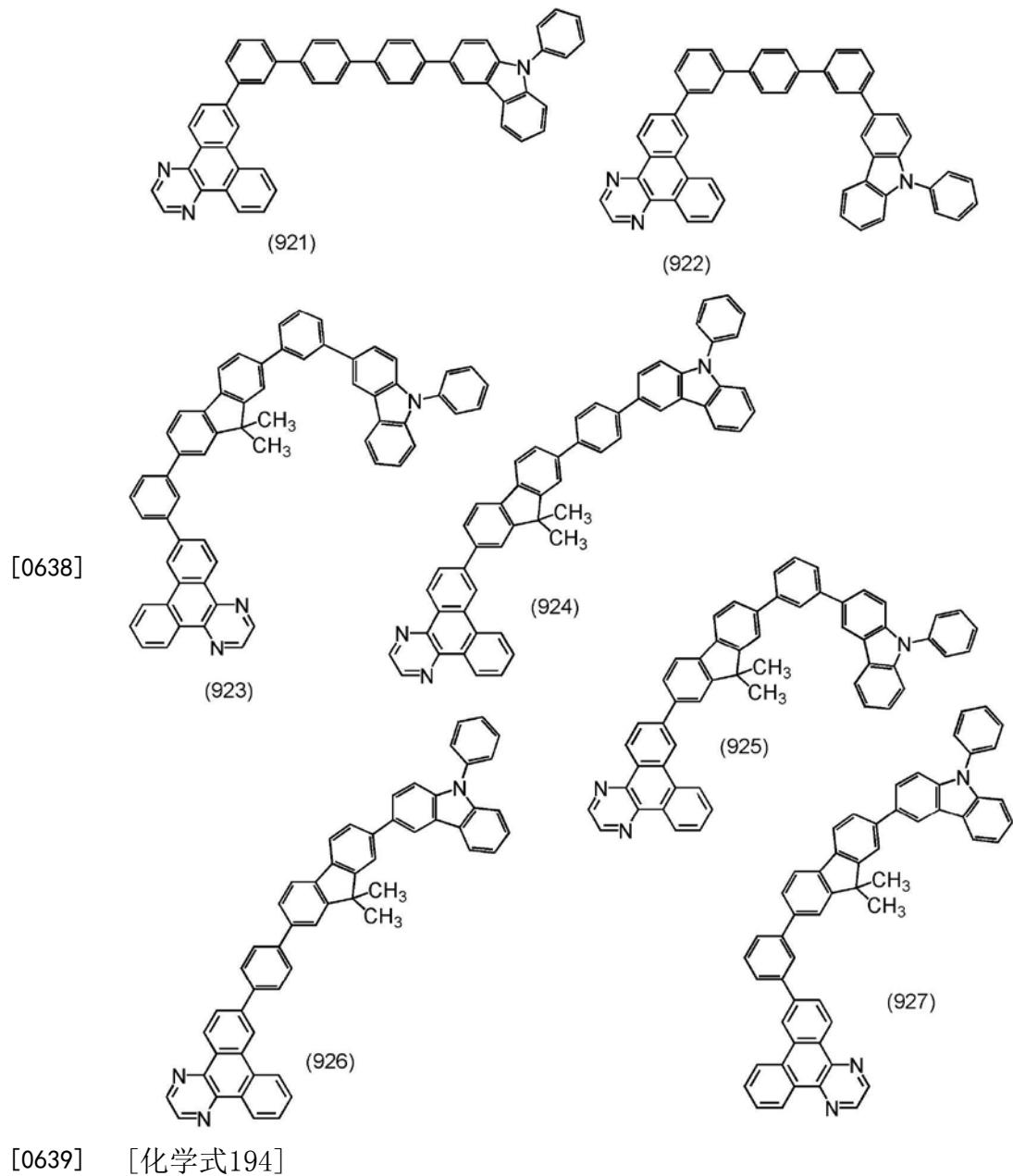


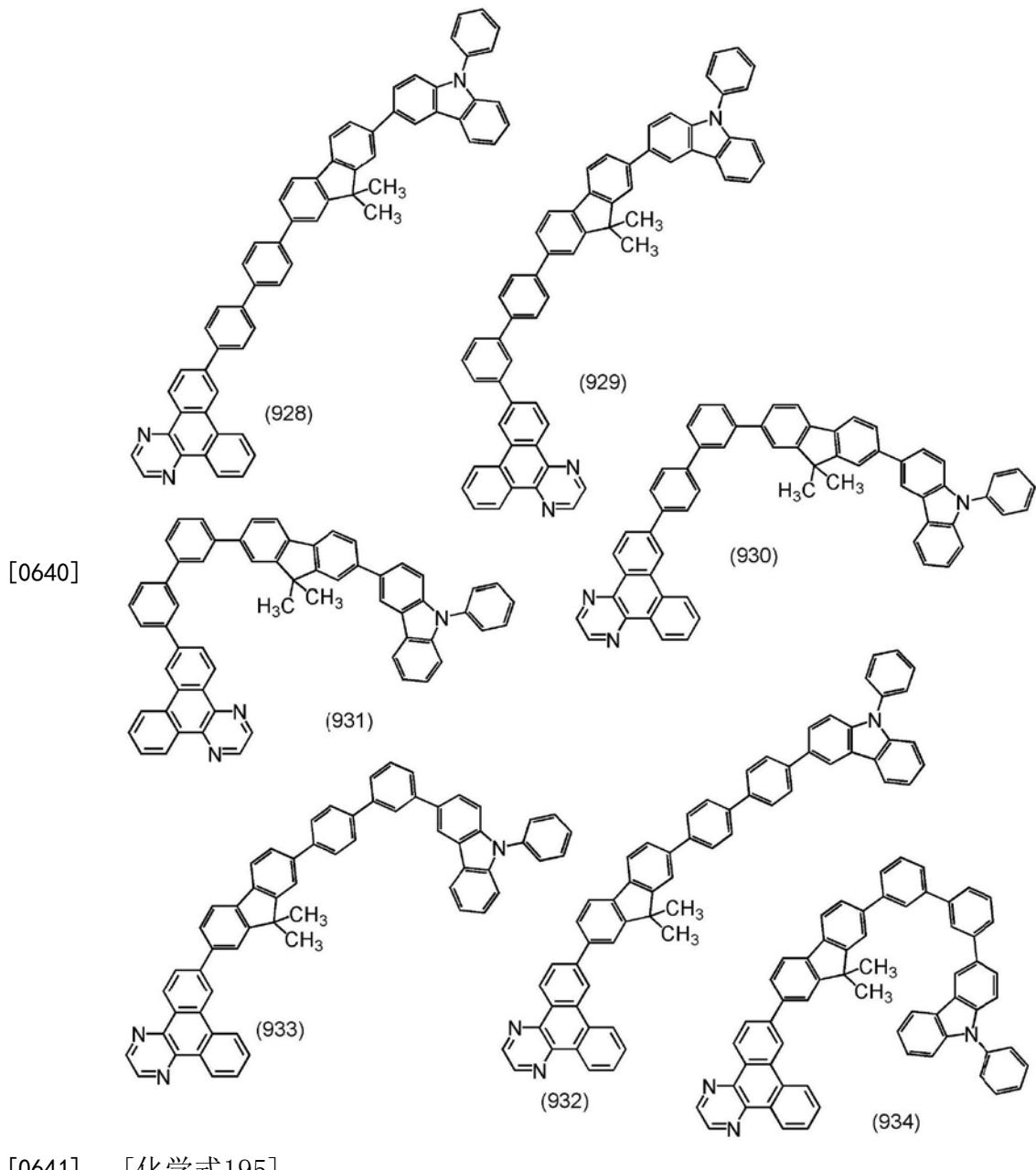
[0632]

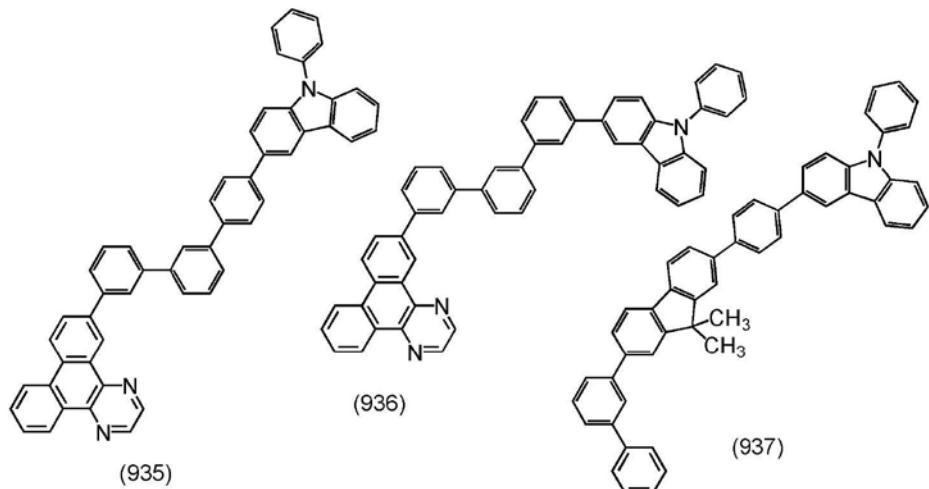
[0633] [化学式191]



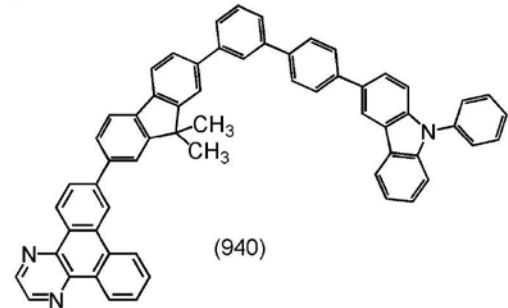
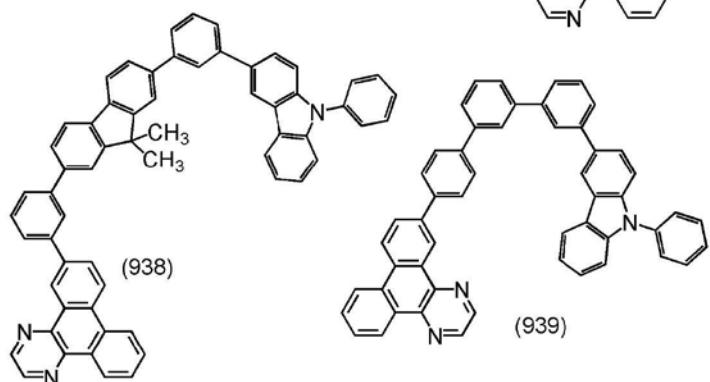




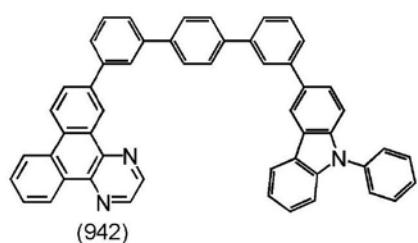
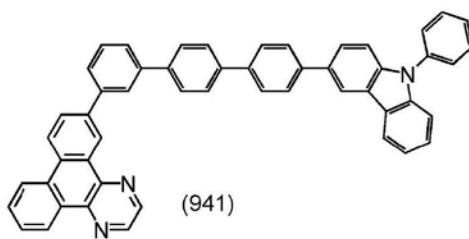




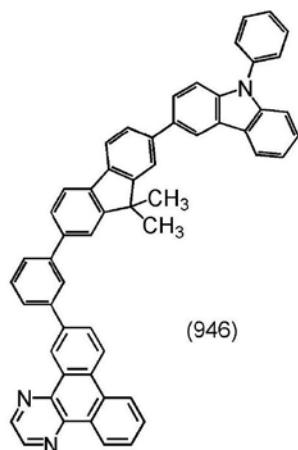
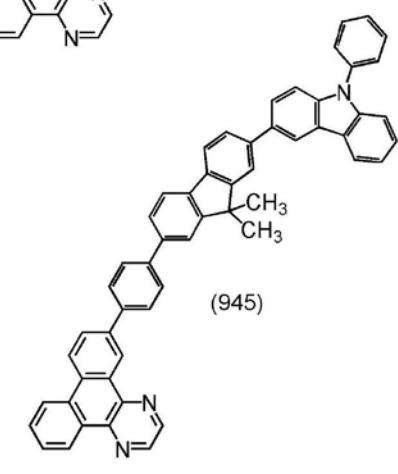
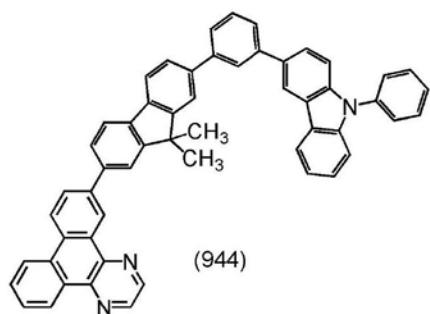
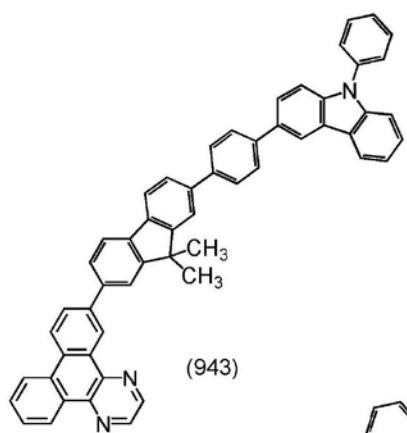
[0642]



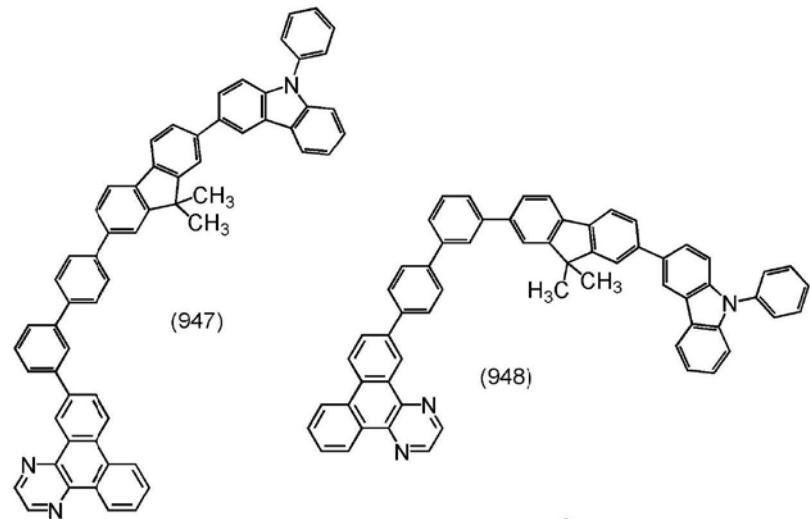
[0643] [化学式196]



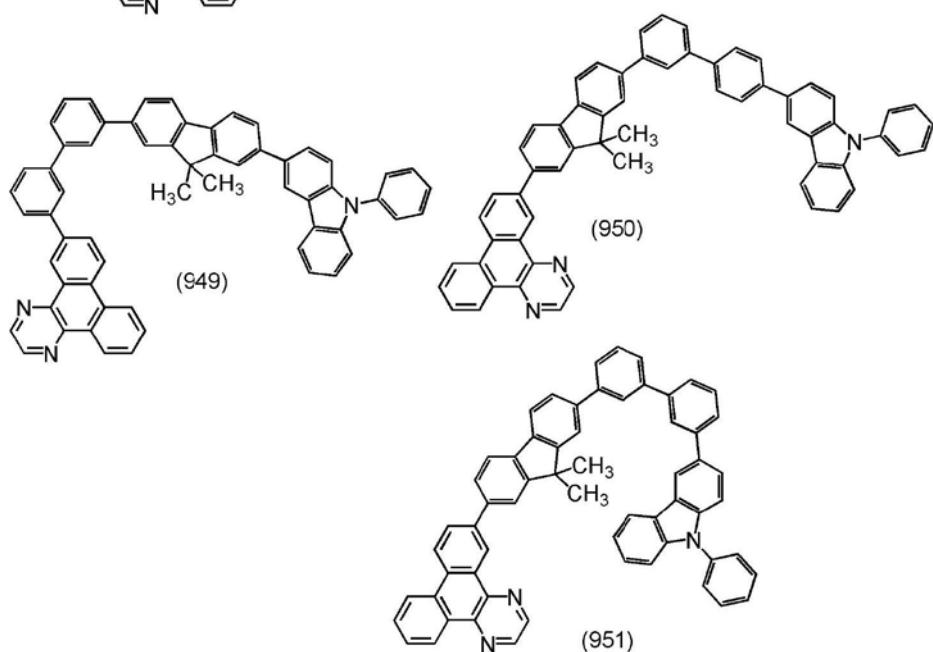
[0644]



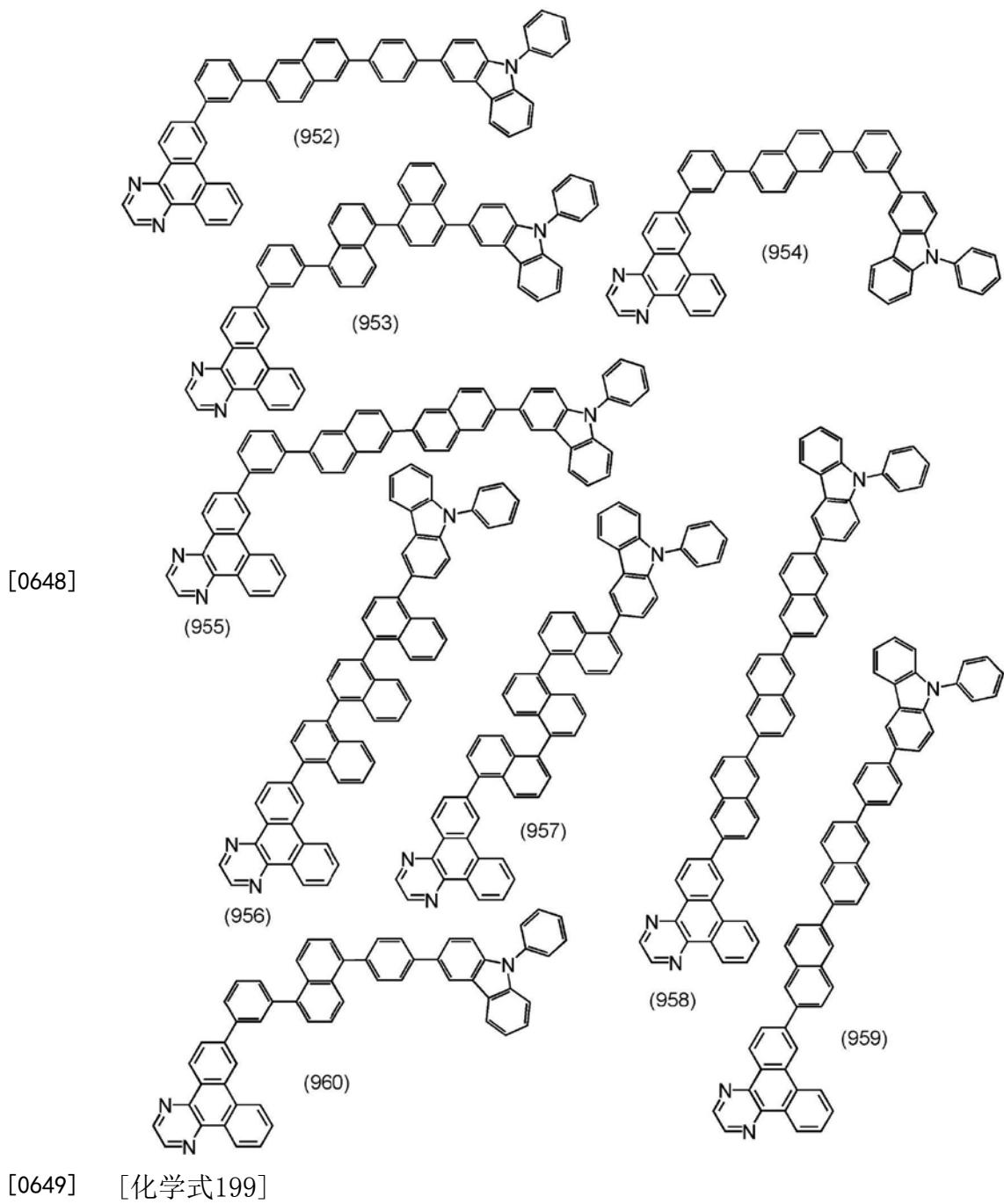
[0645] [化学式197]

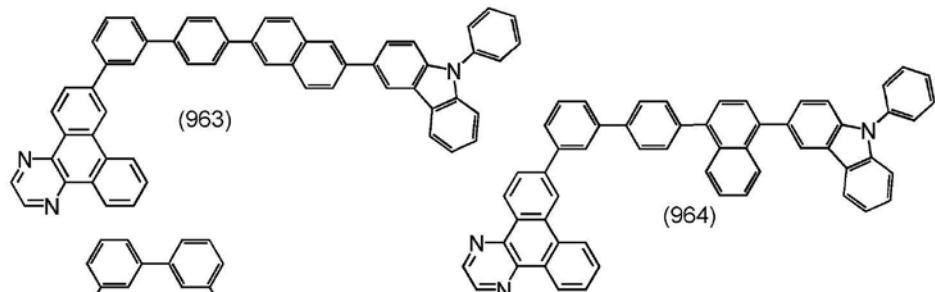
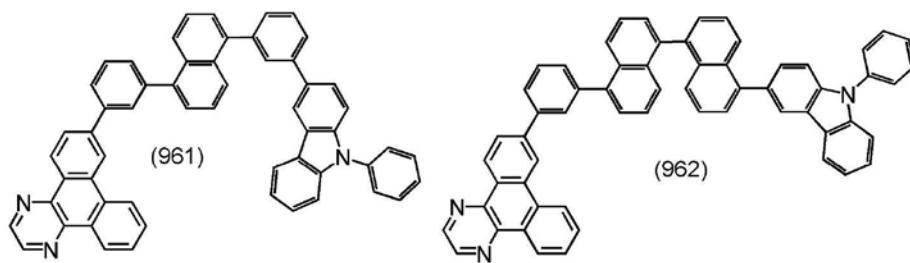


[0646]

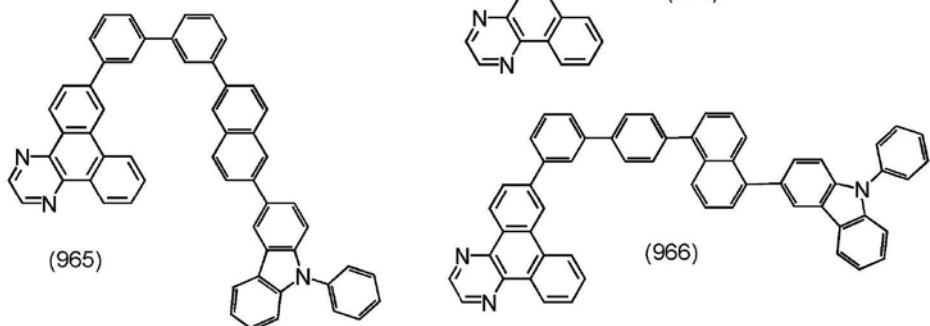


[0647] [化学式198]



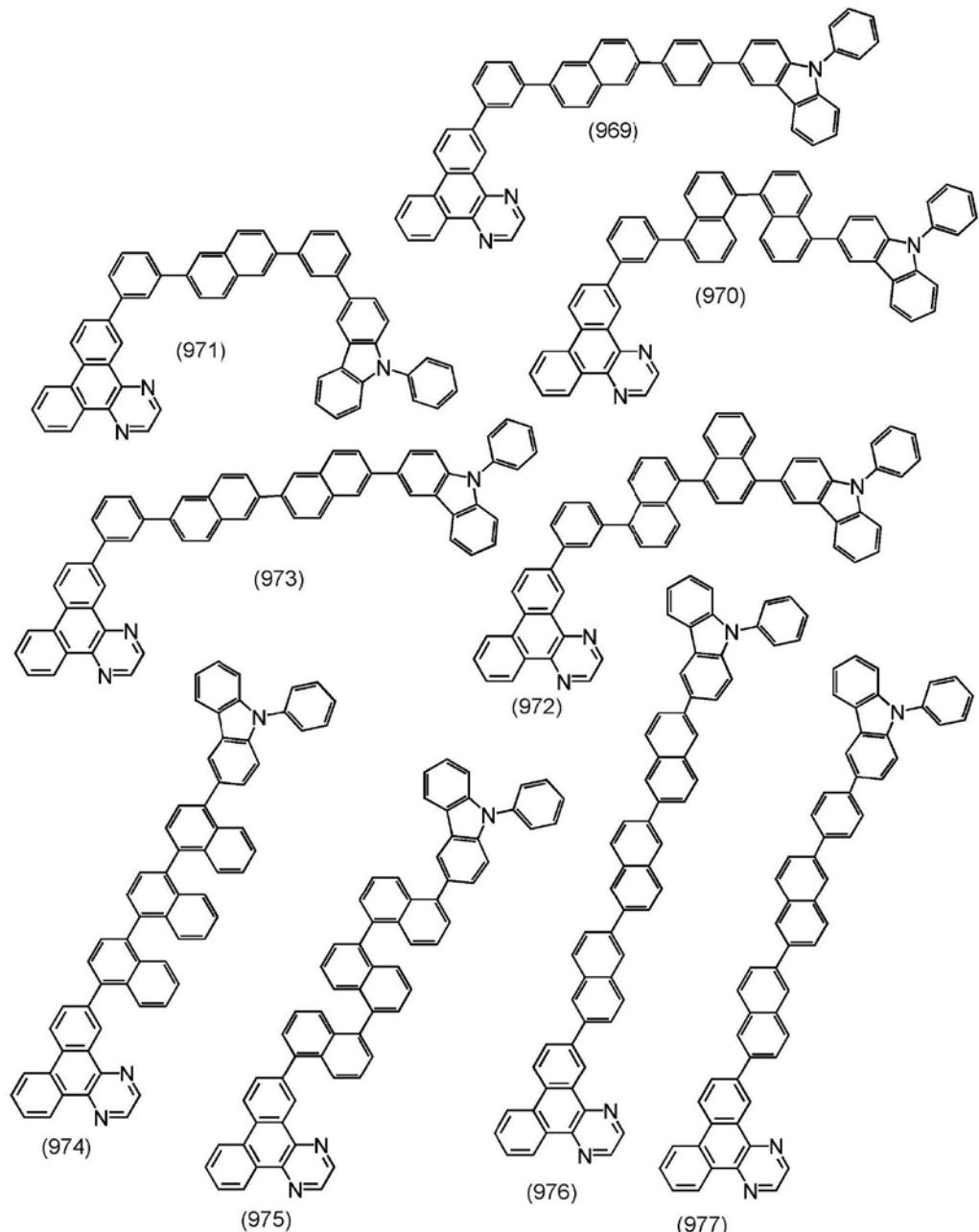


[0650]

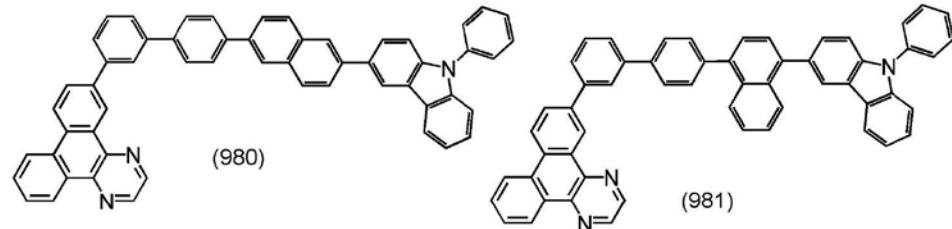
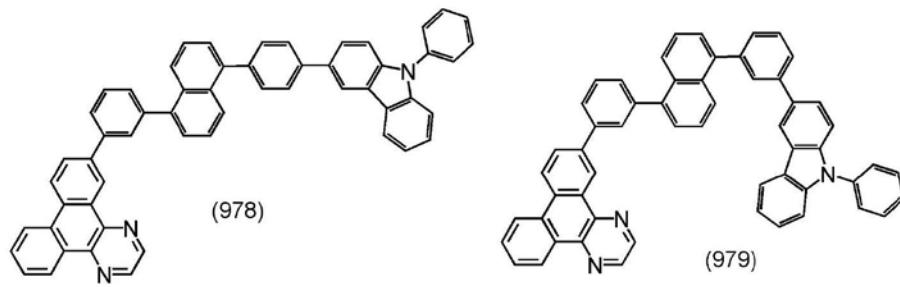


[0651] [化学式200]

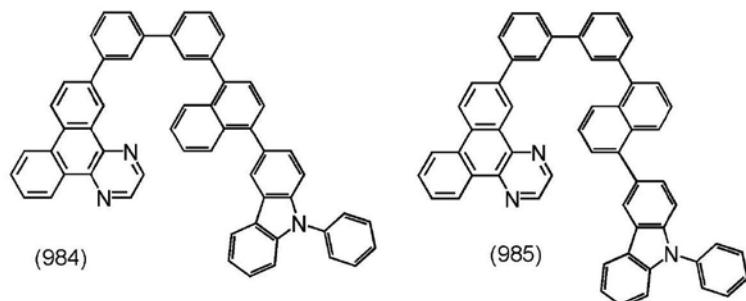
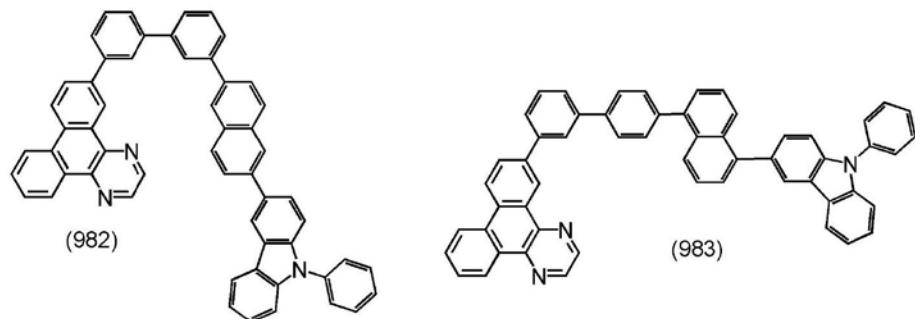
[0652]



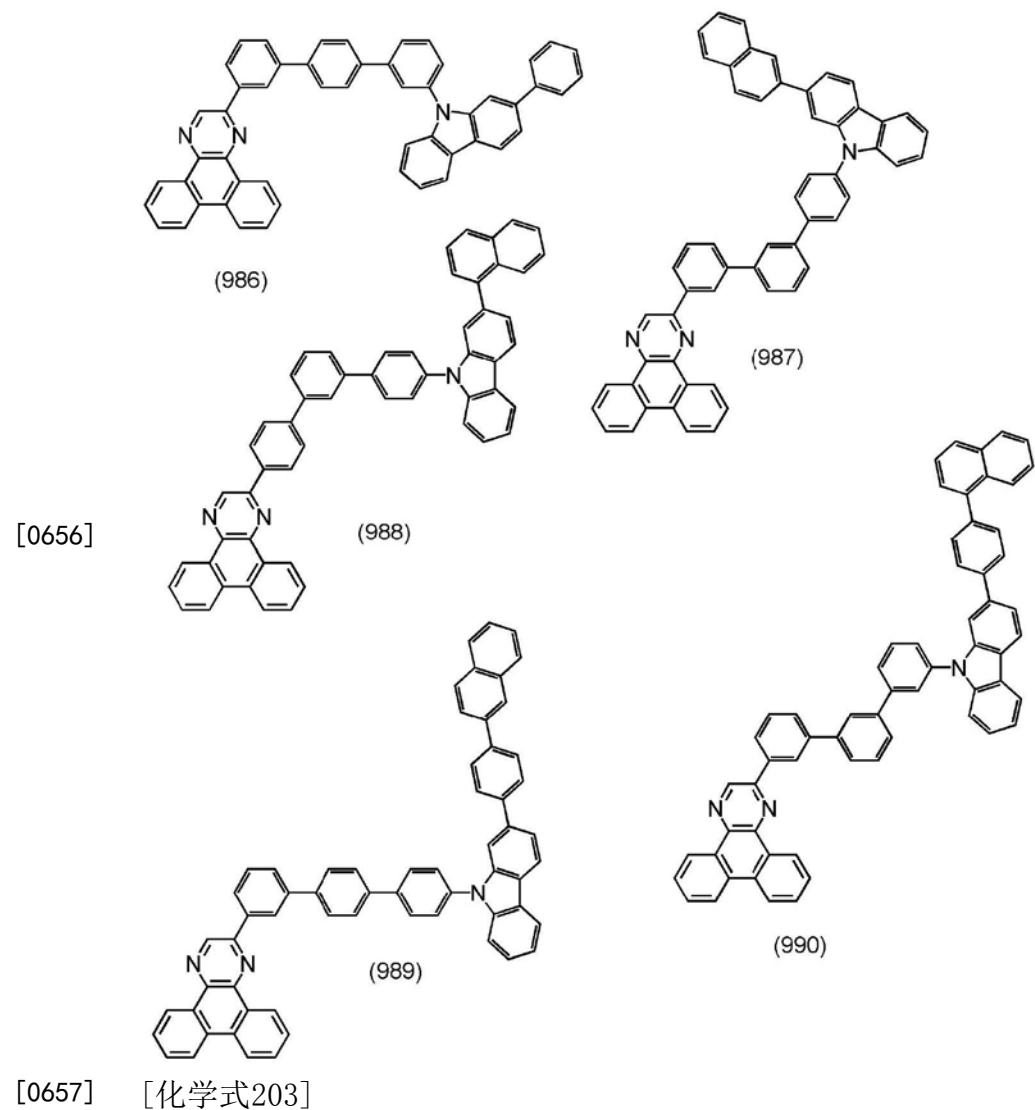
[0653] [化学式201]

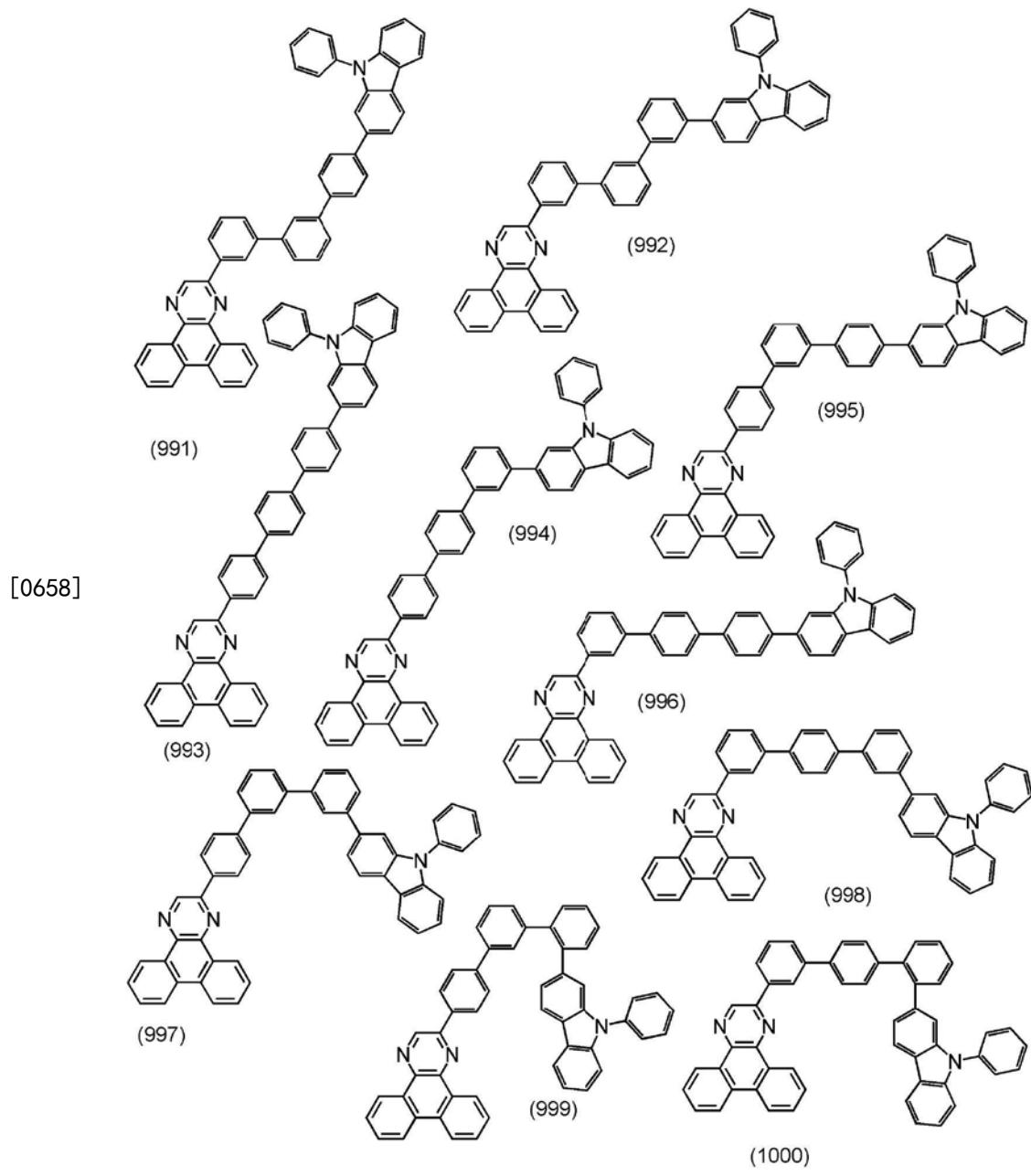


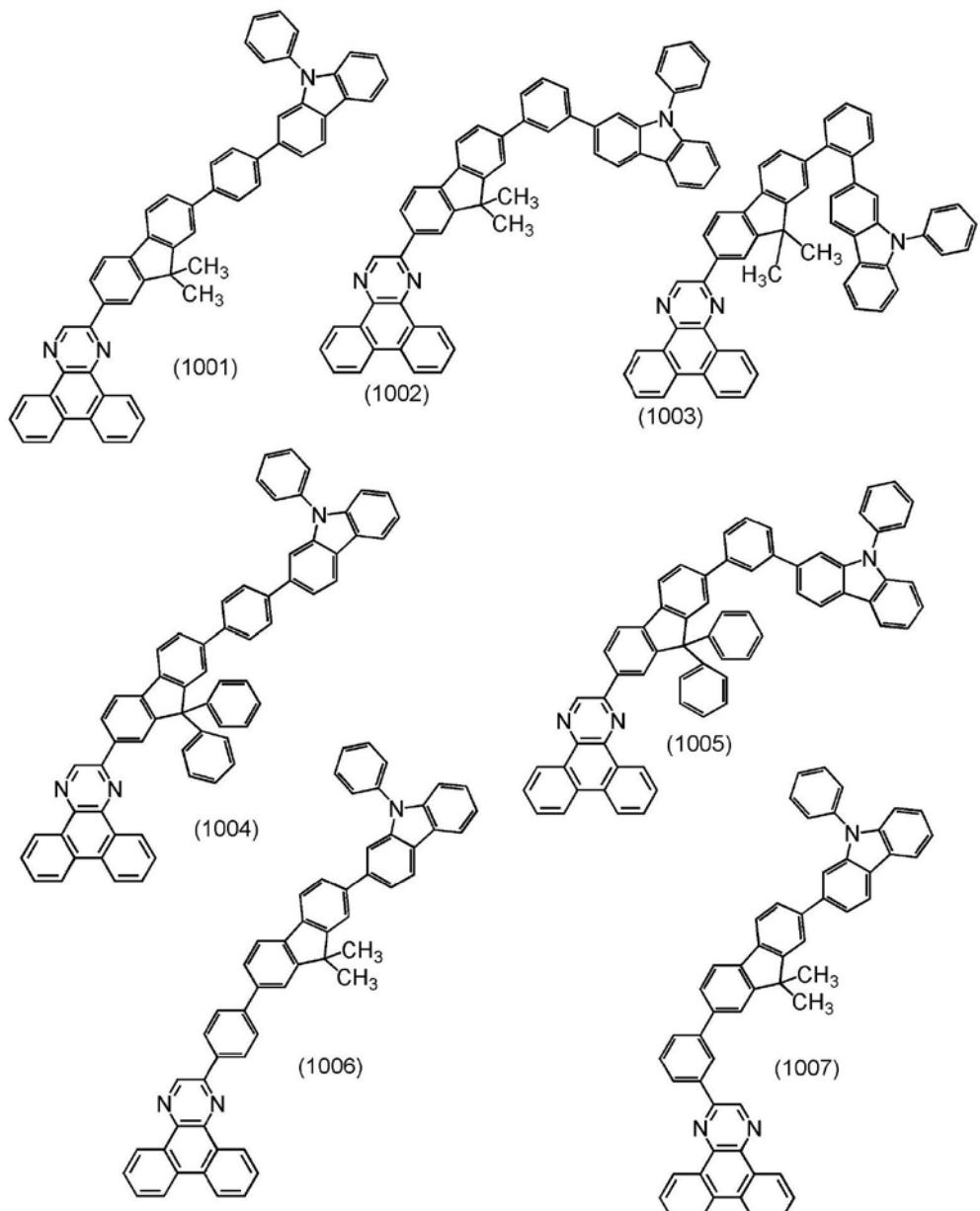
[0654]



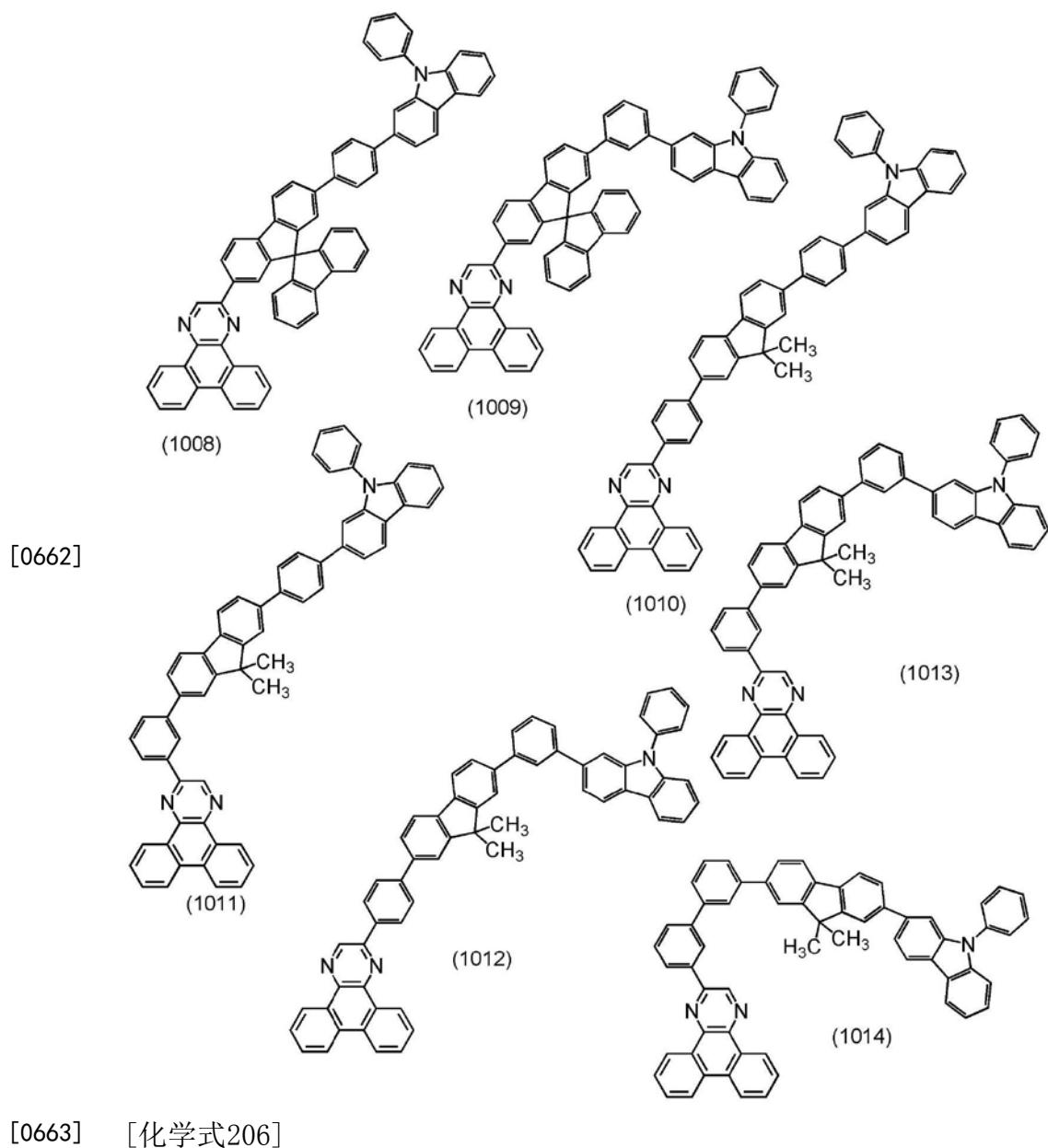
[0655] [化学式202]

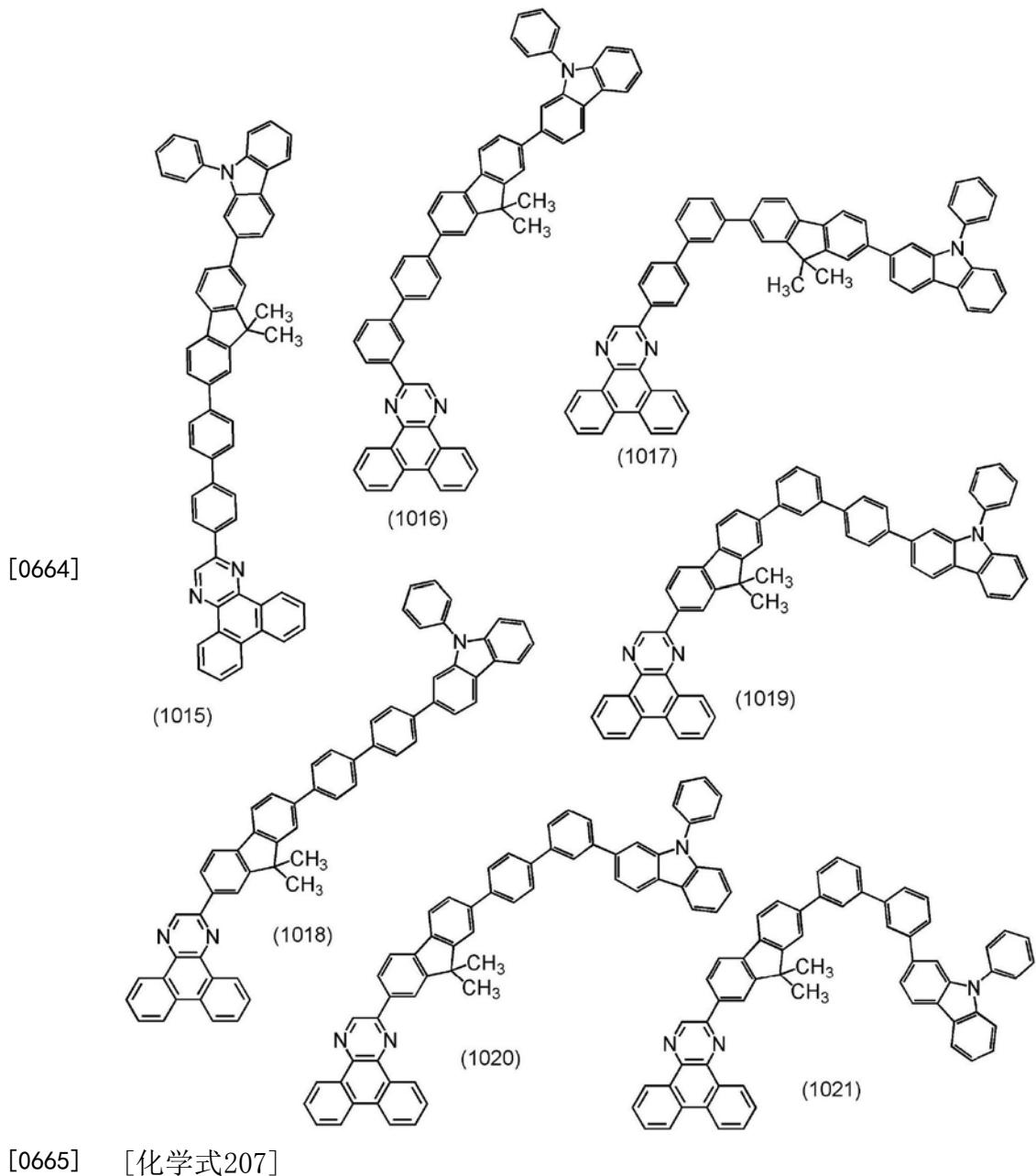


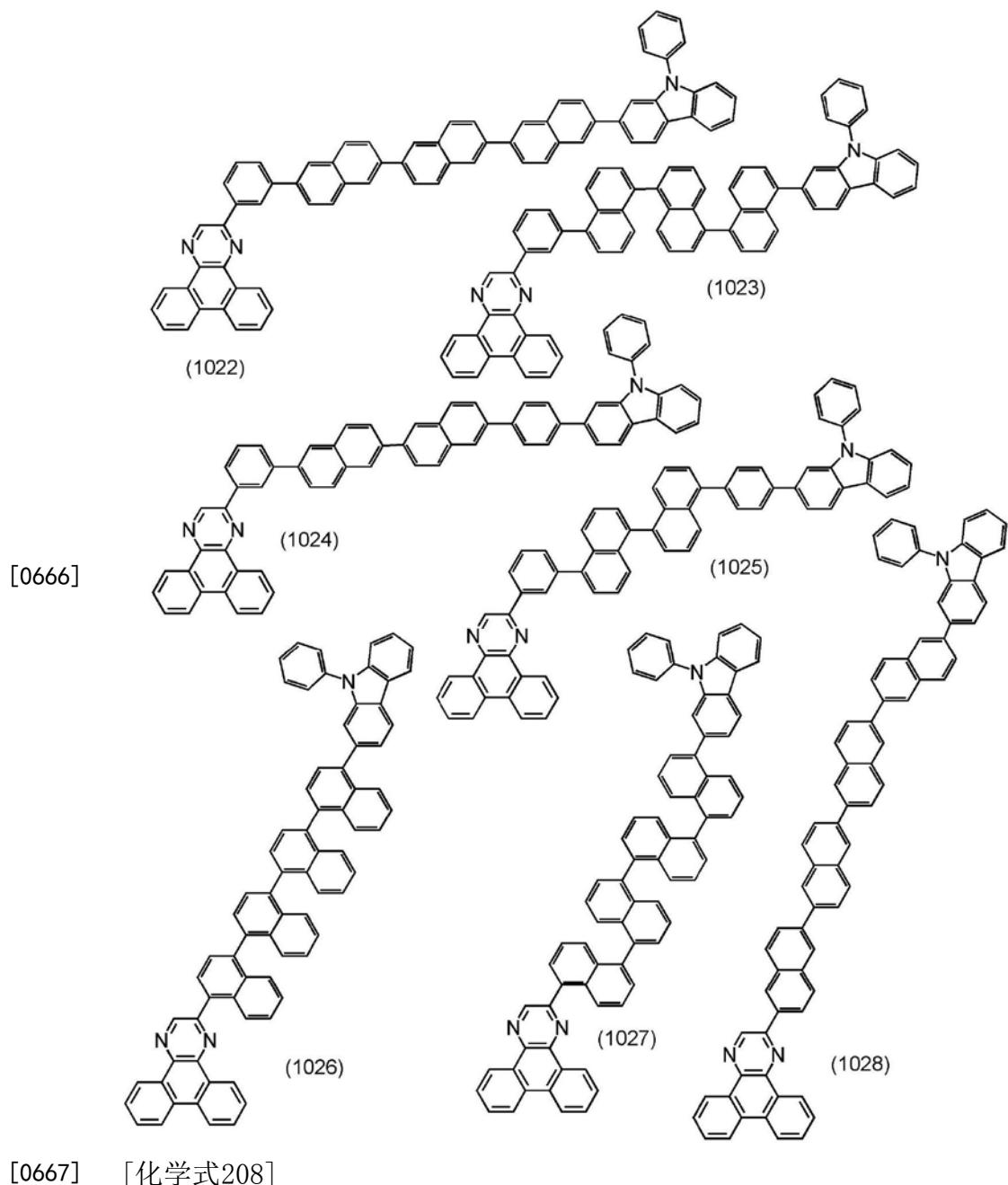




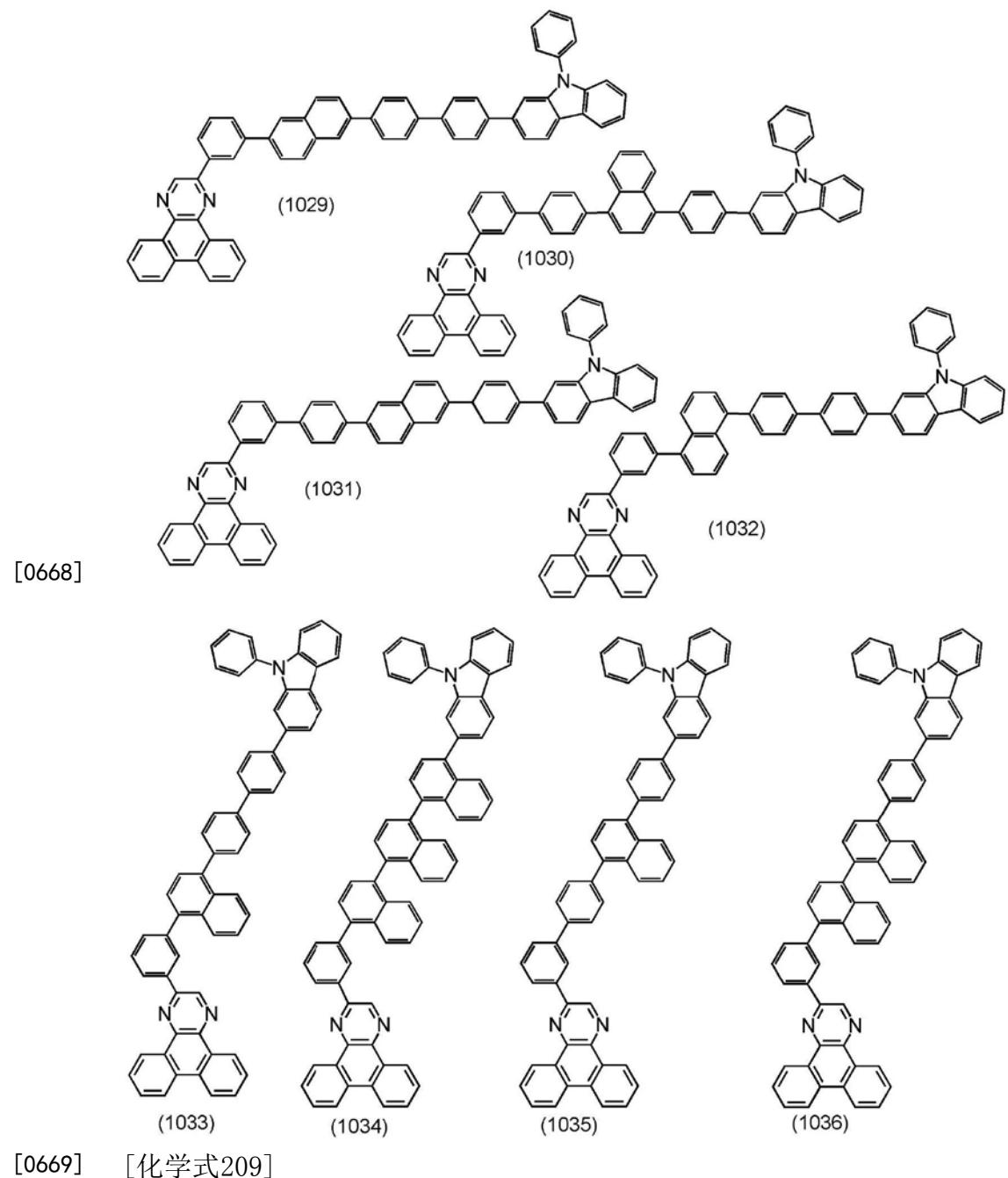
[0661] [化学式205]

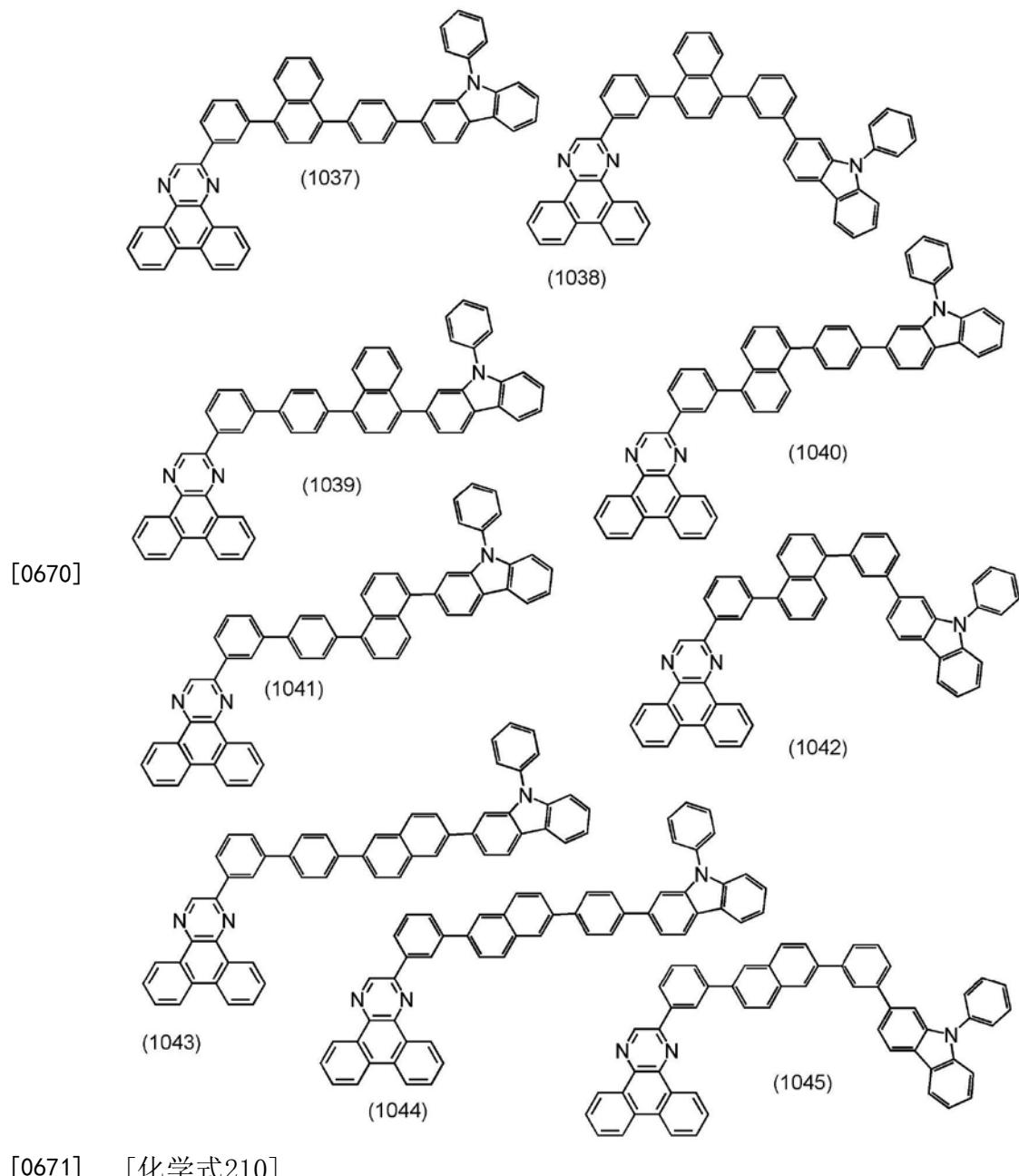


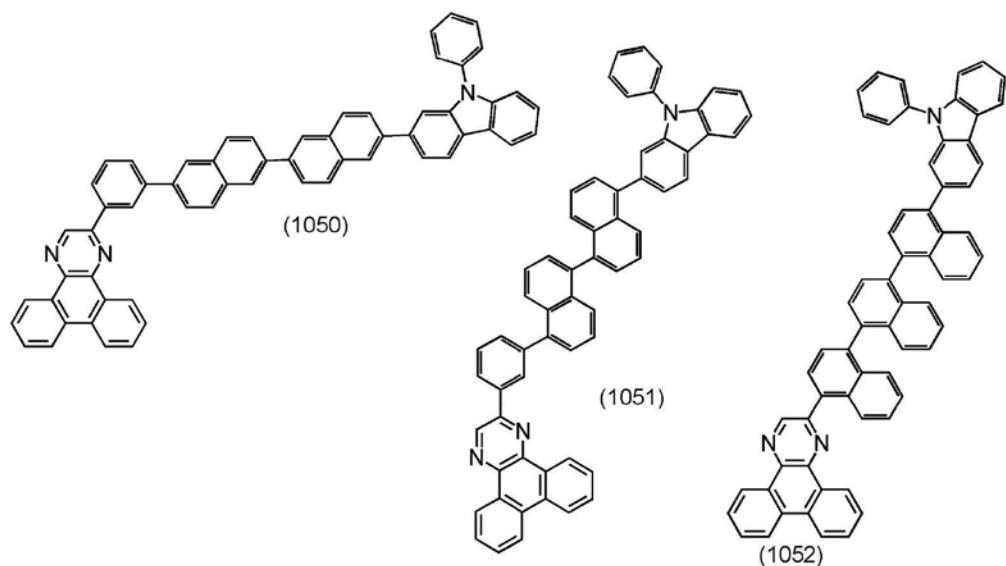
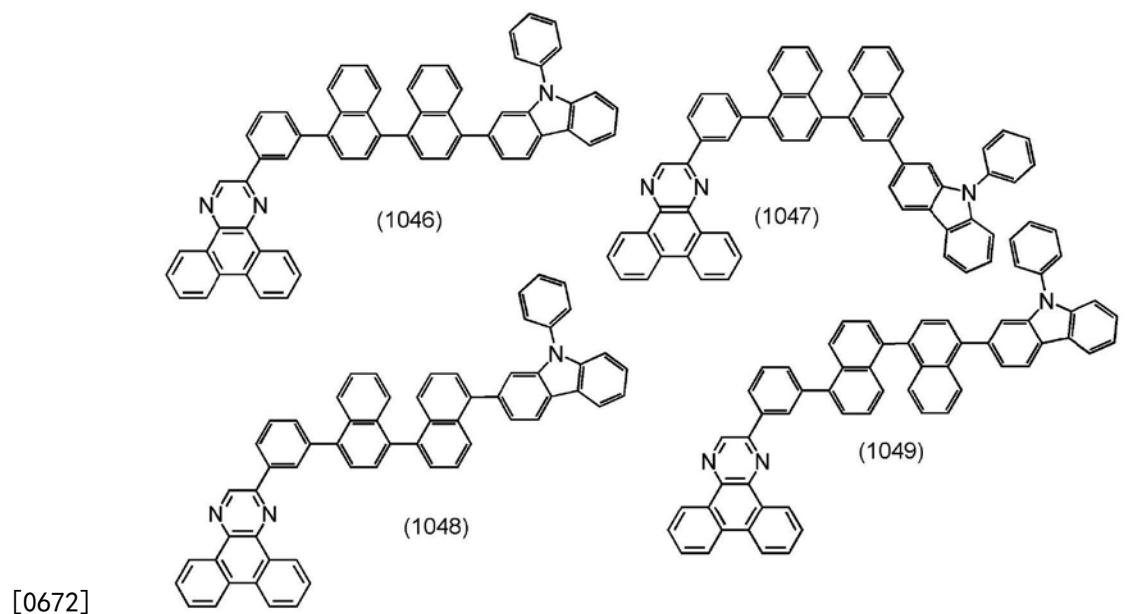




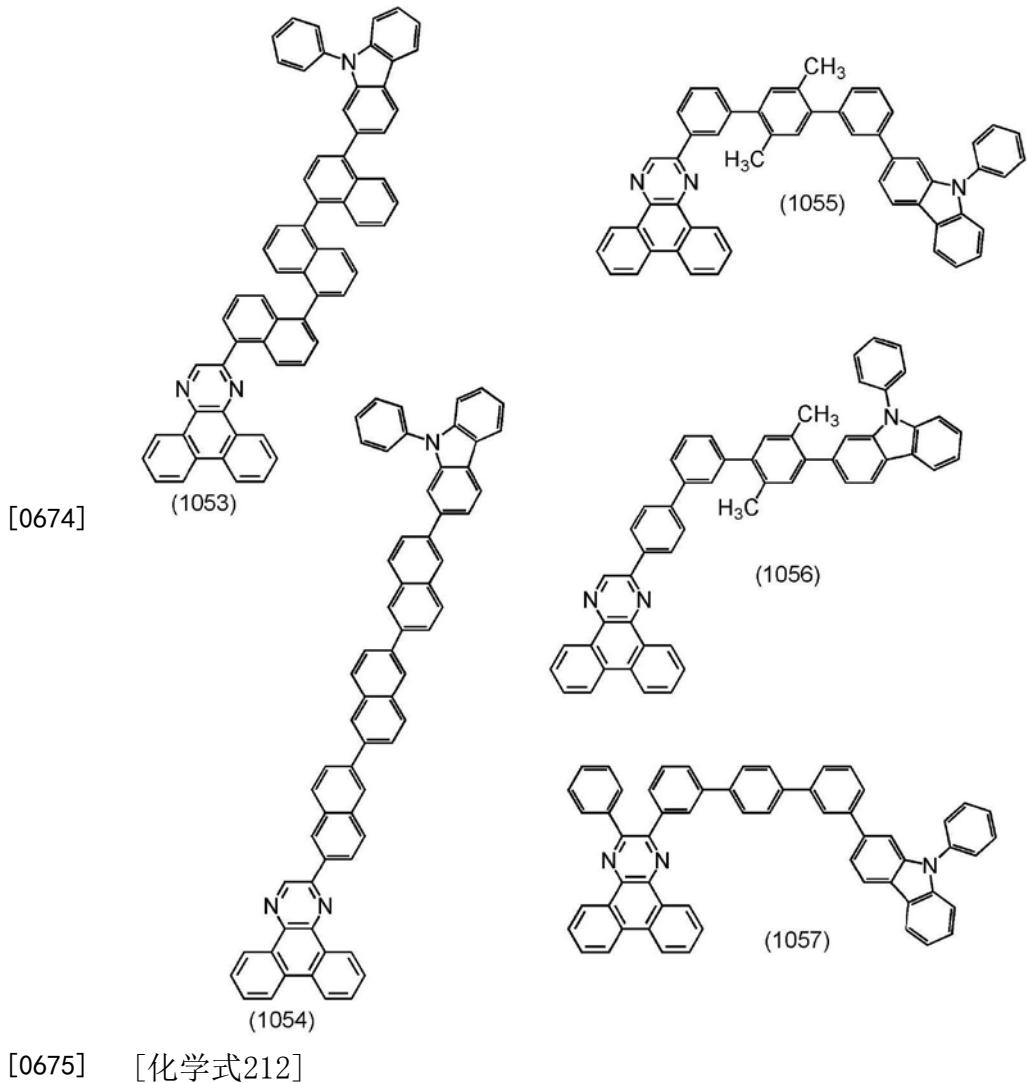
[0667] [化学式208]



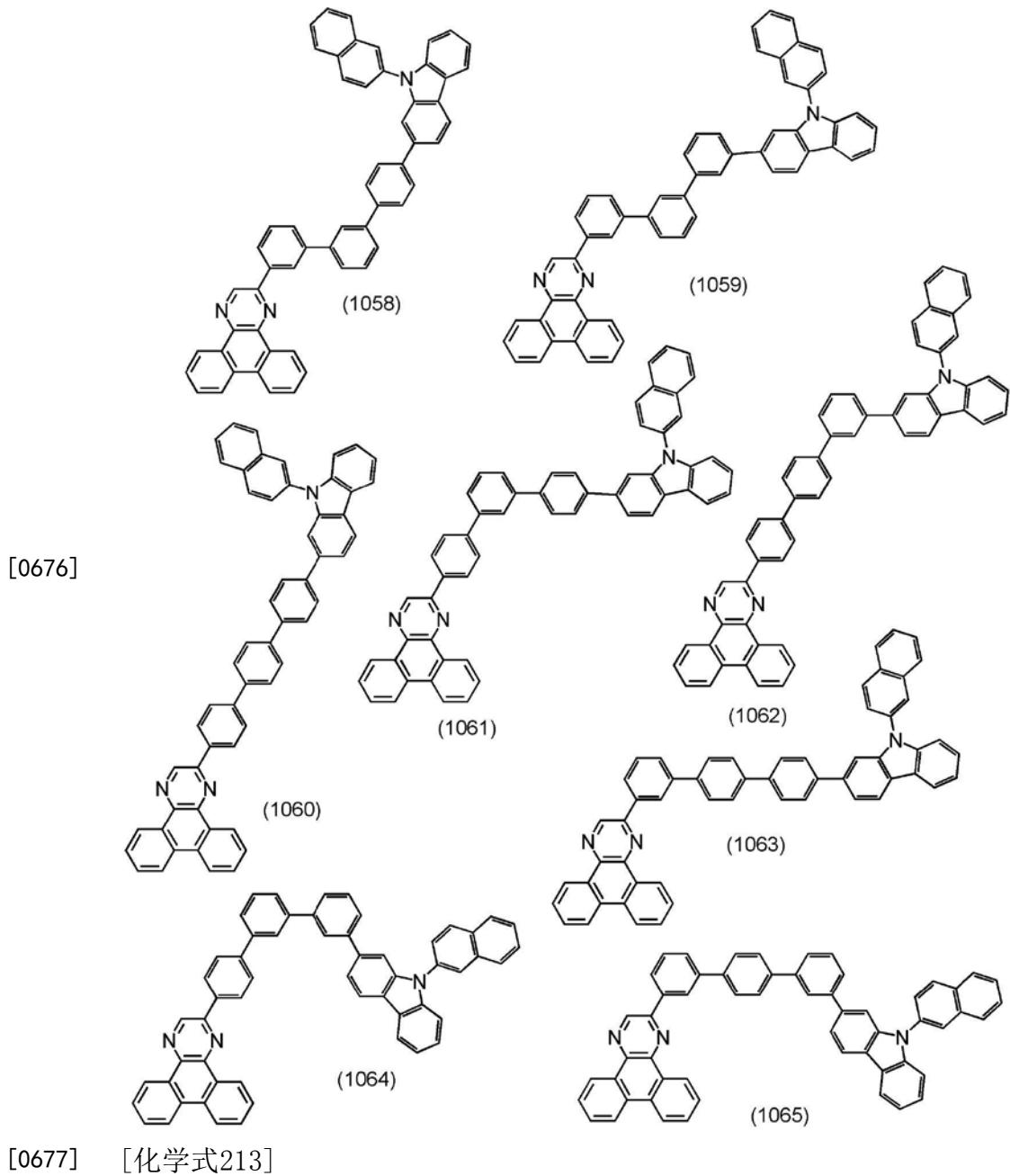


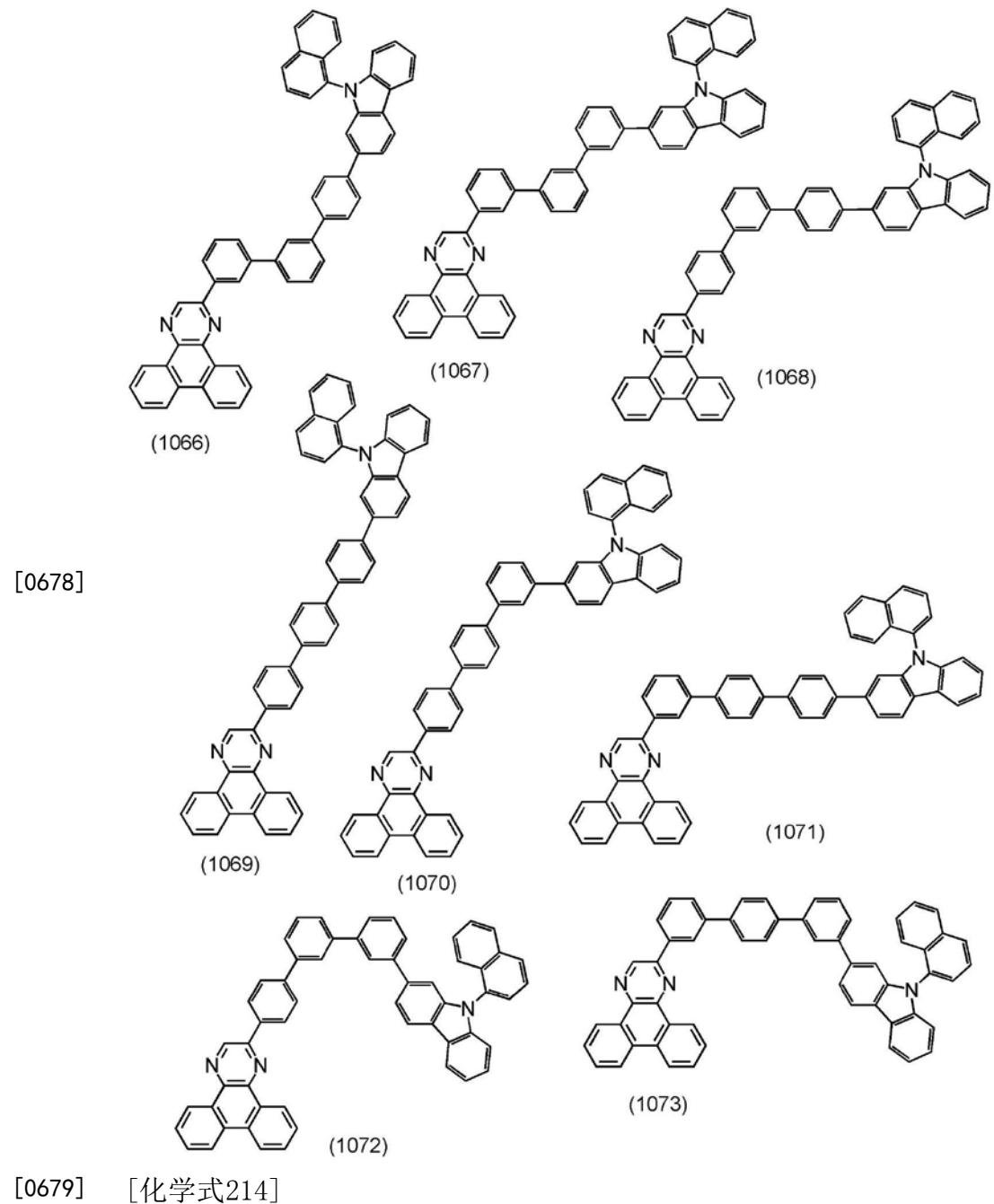


[0673] [化学式211]

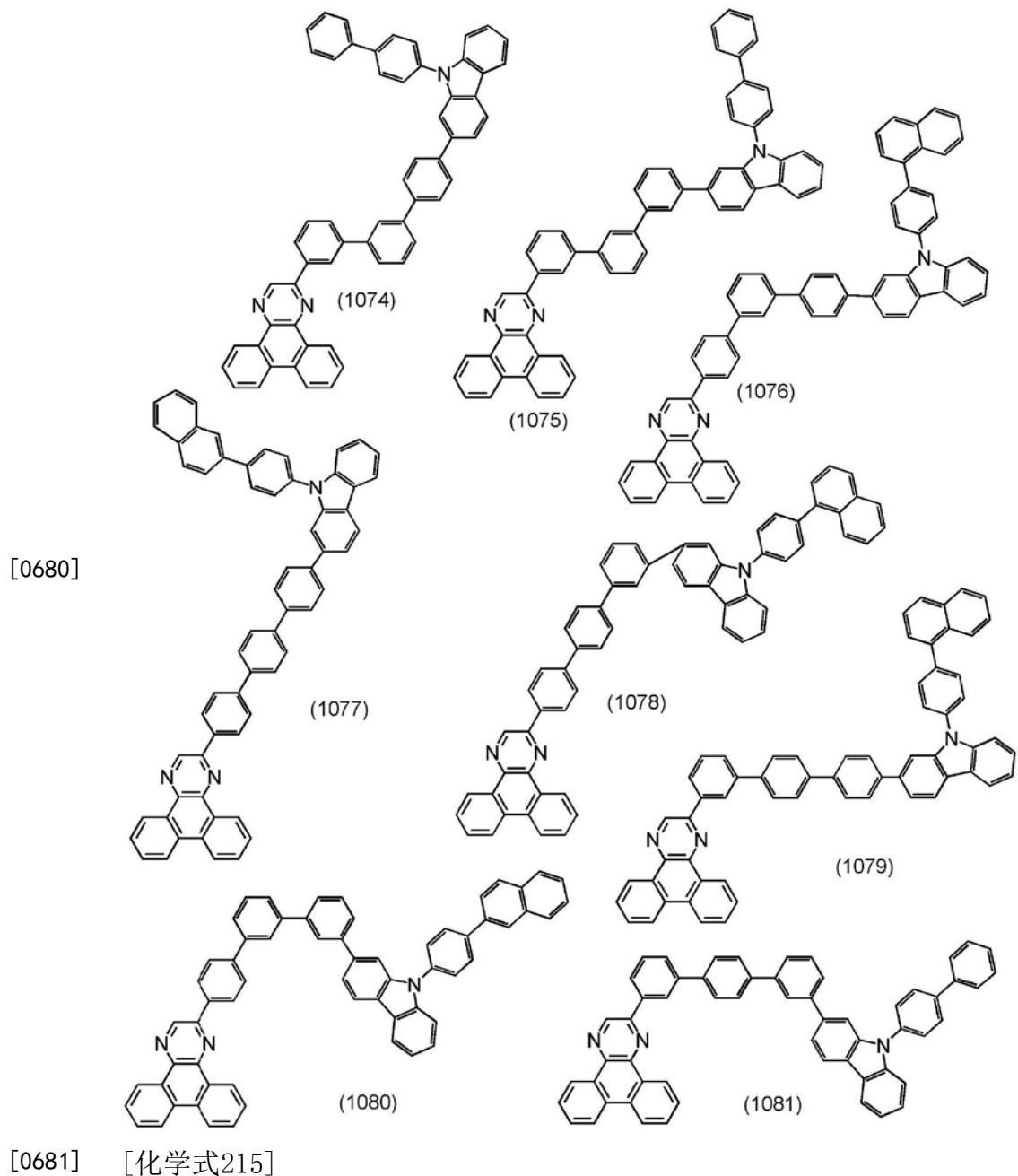


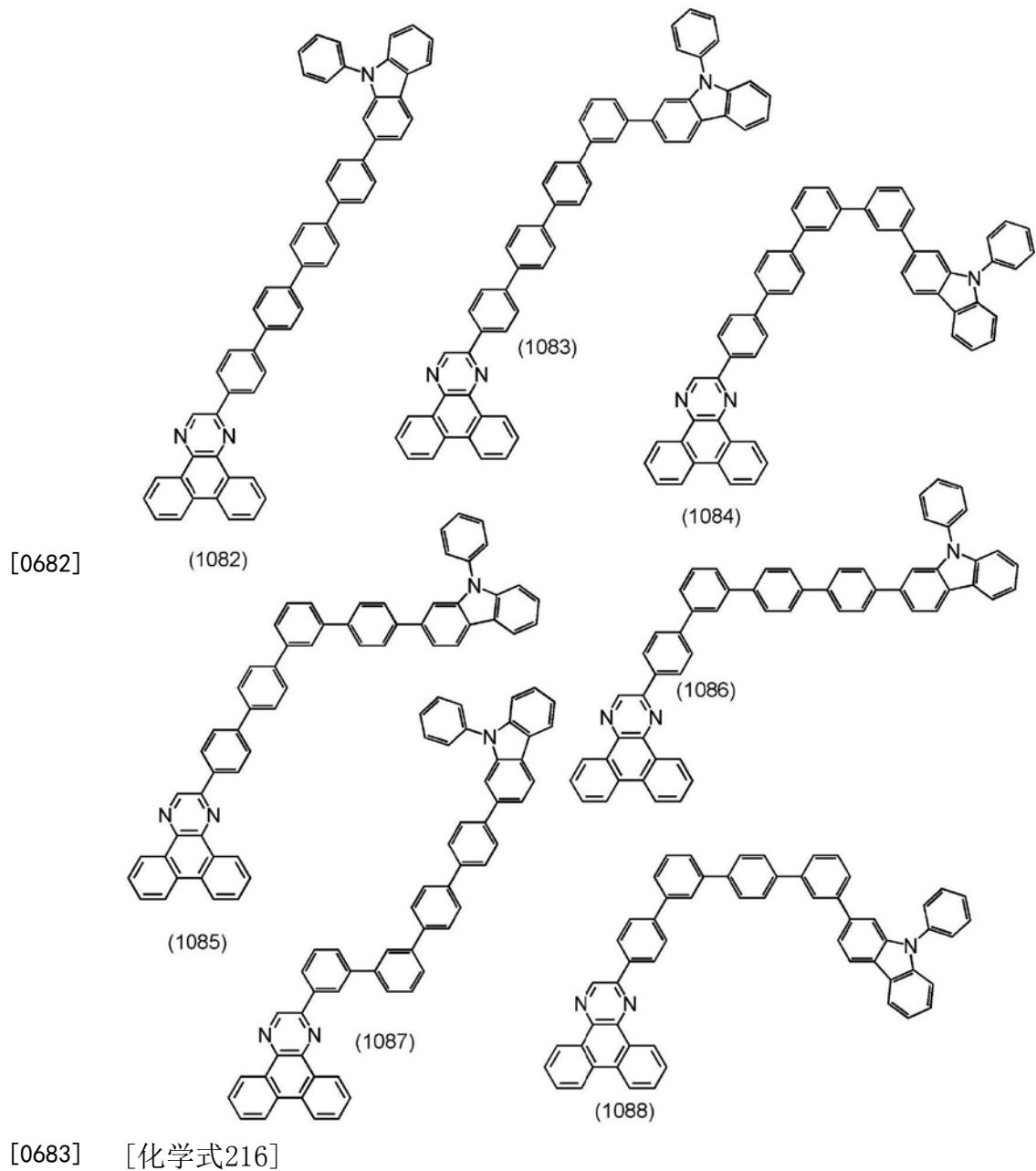
[0674] [化学式212]



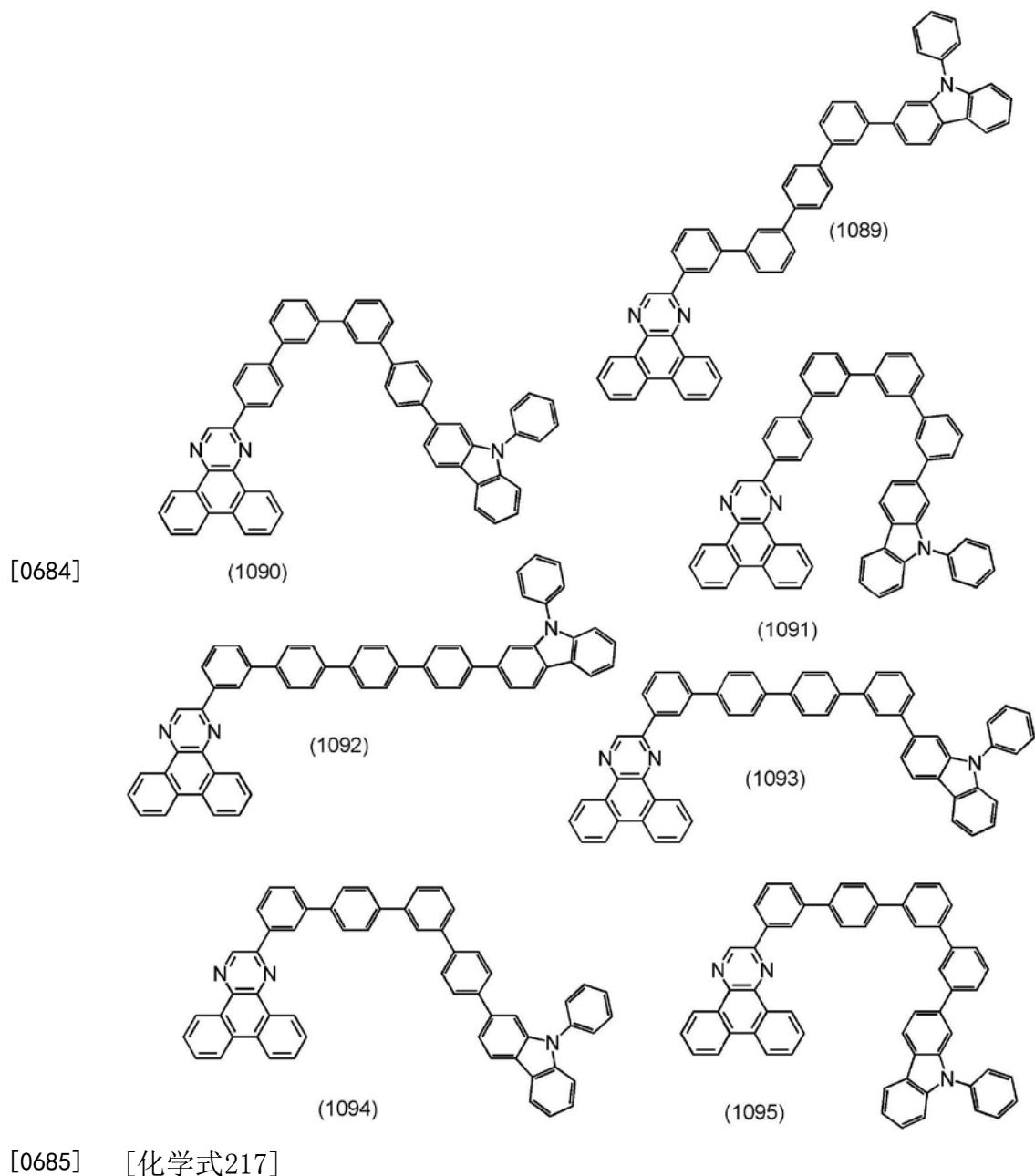


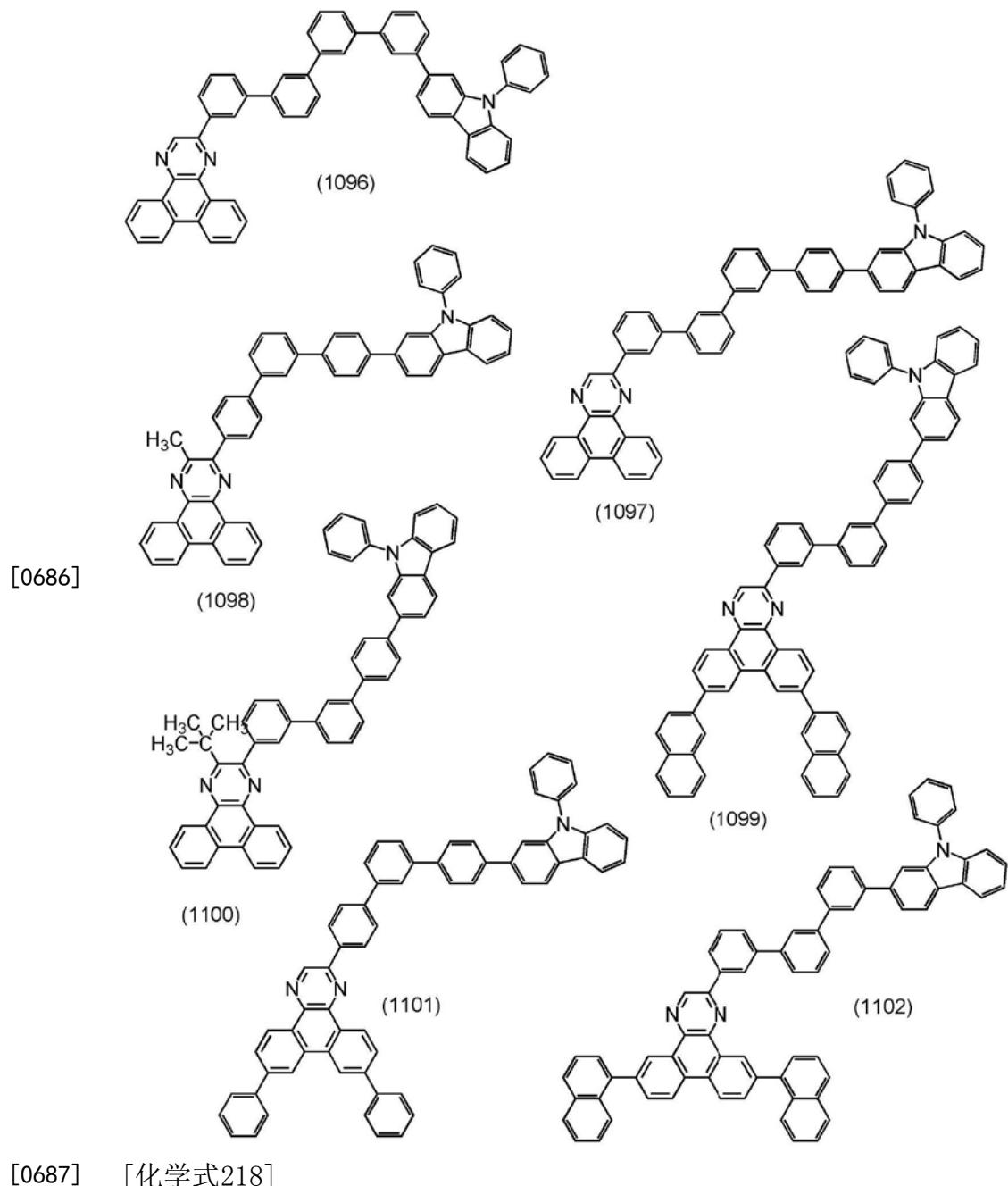
[0679] [化学式214]

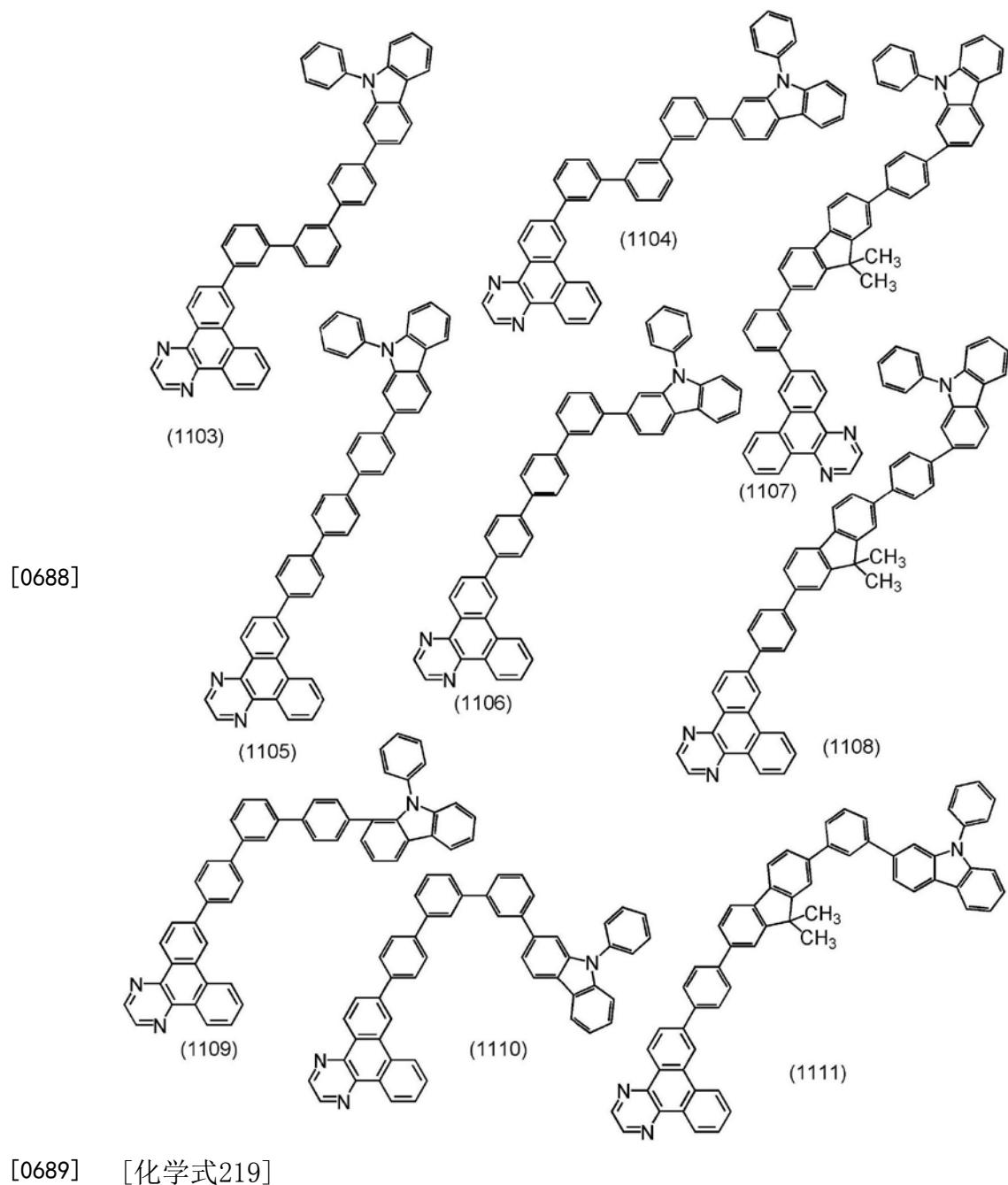


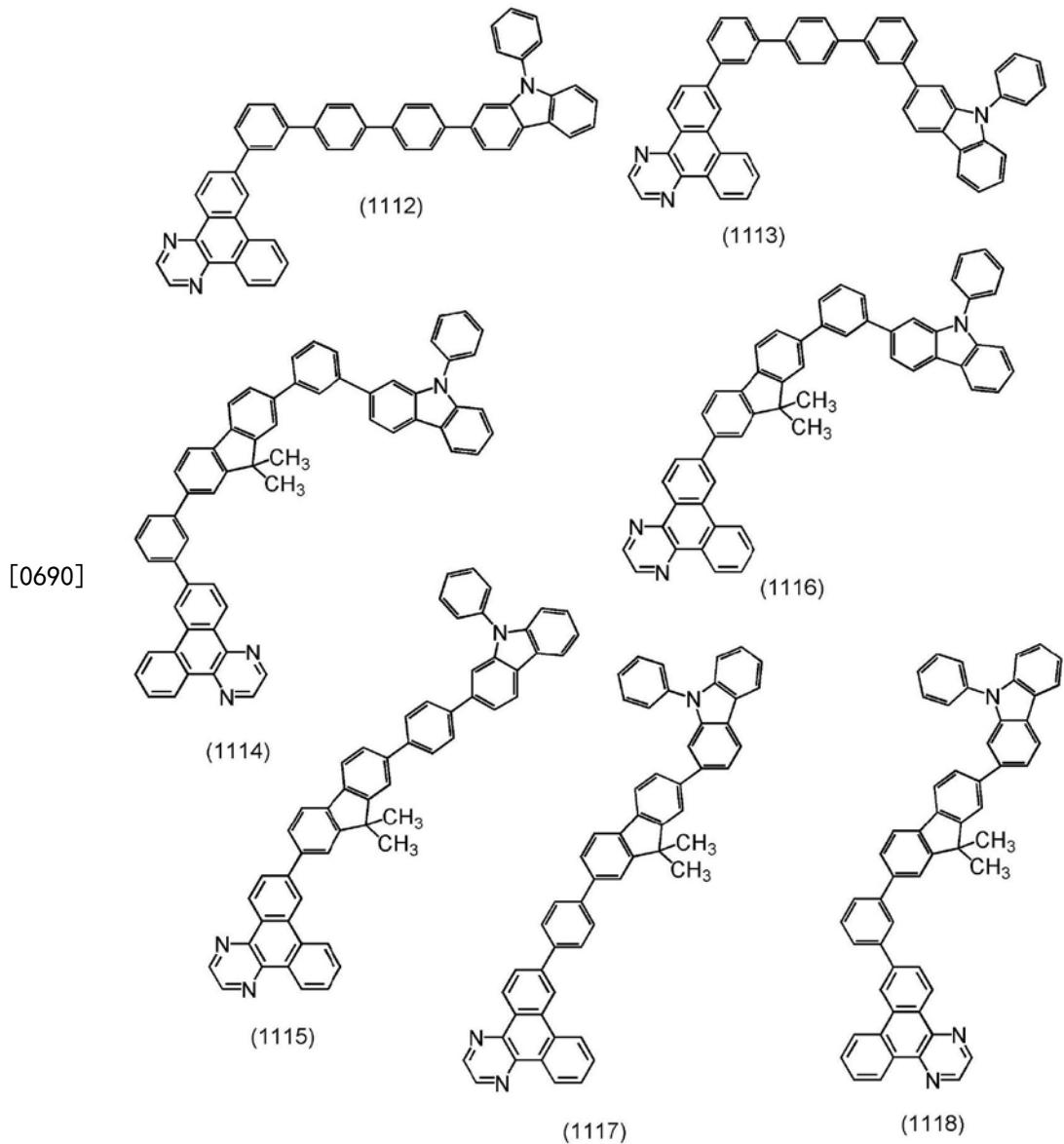


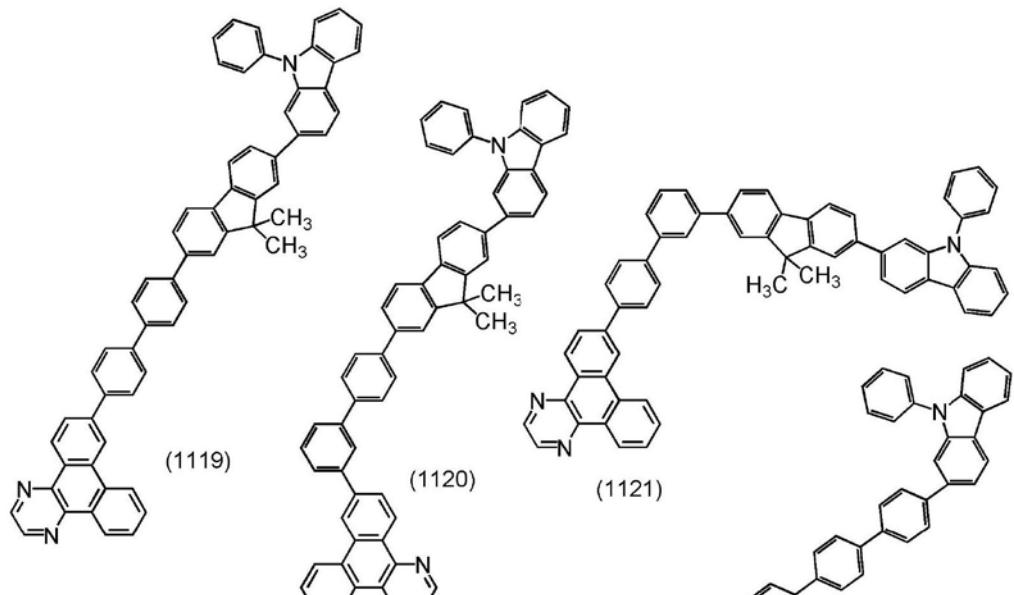
[0683] [化学式216]



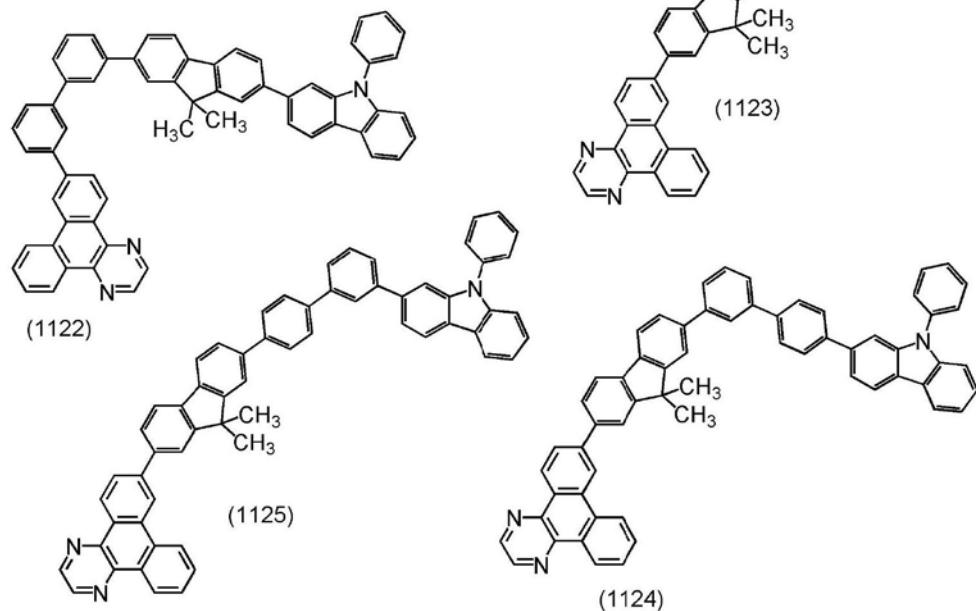




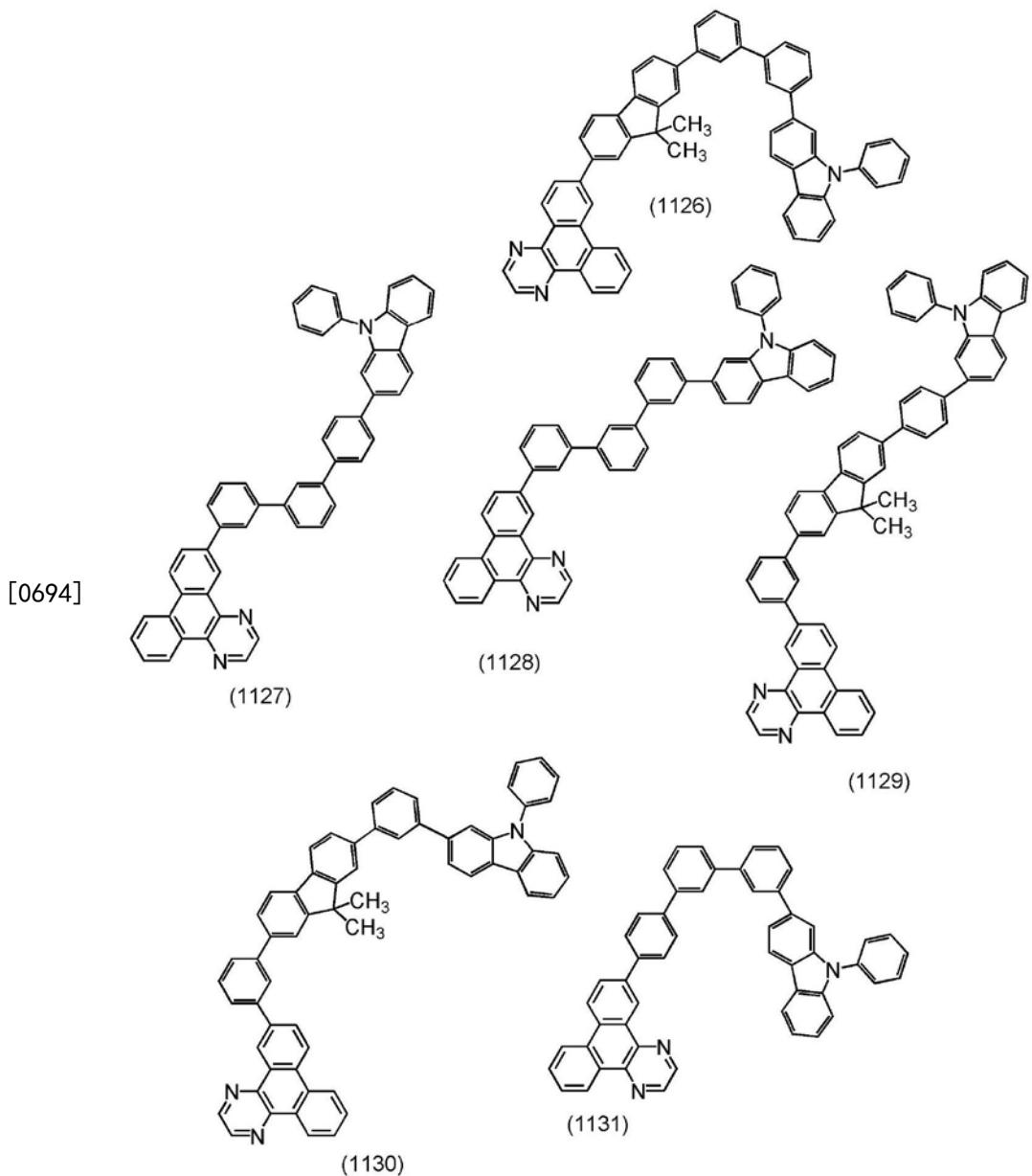




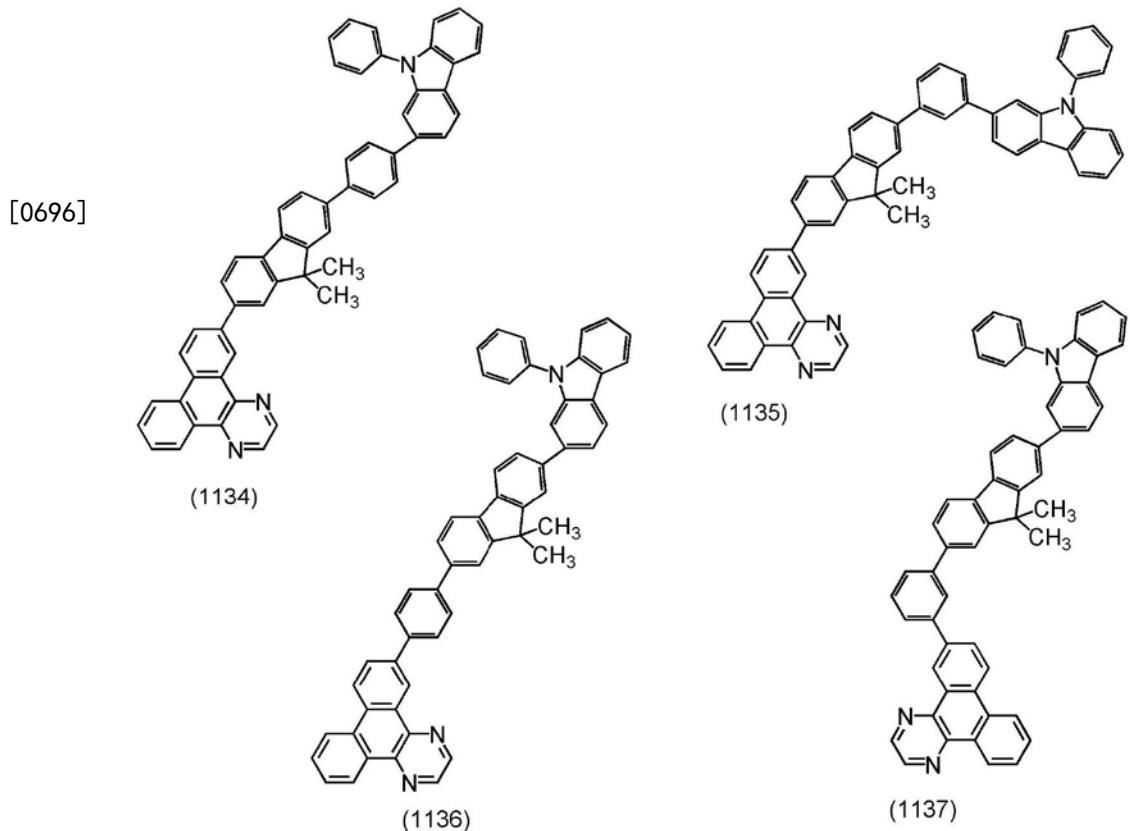
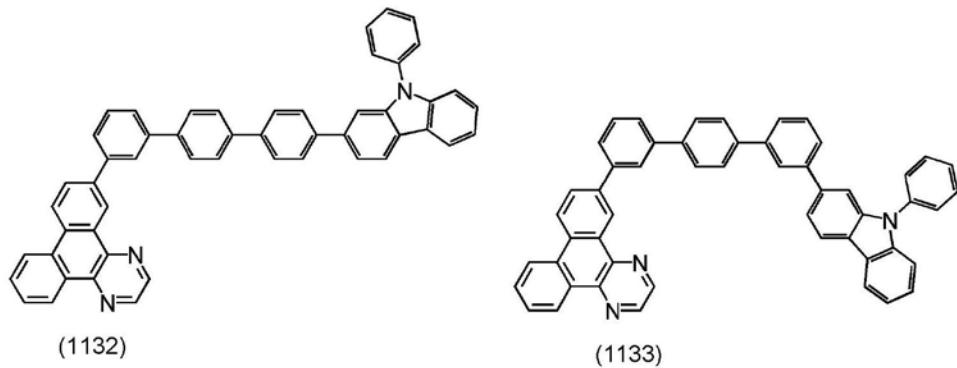
[0692]



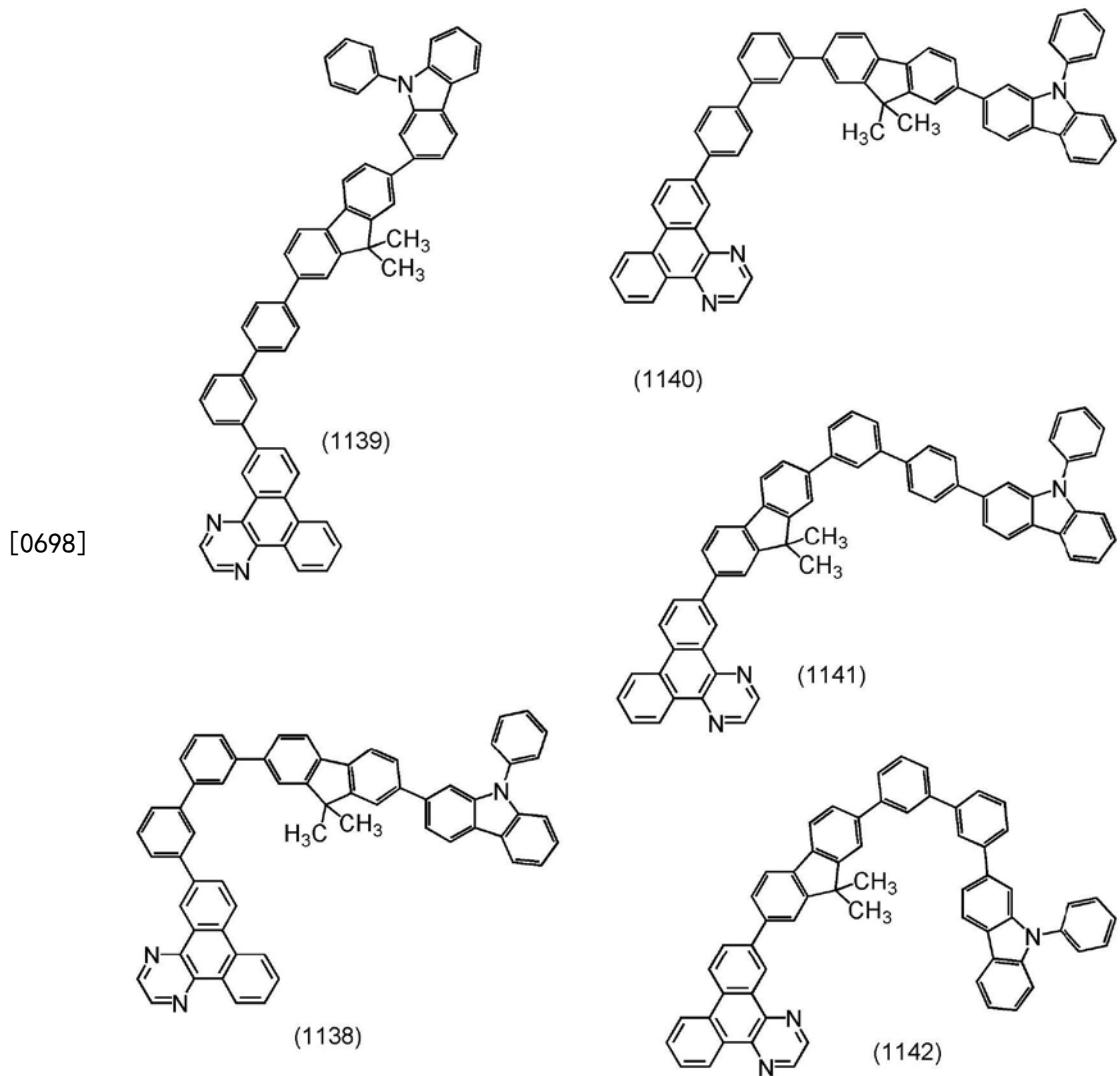
[0693] [化学式221]



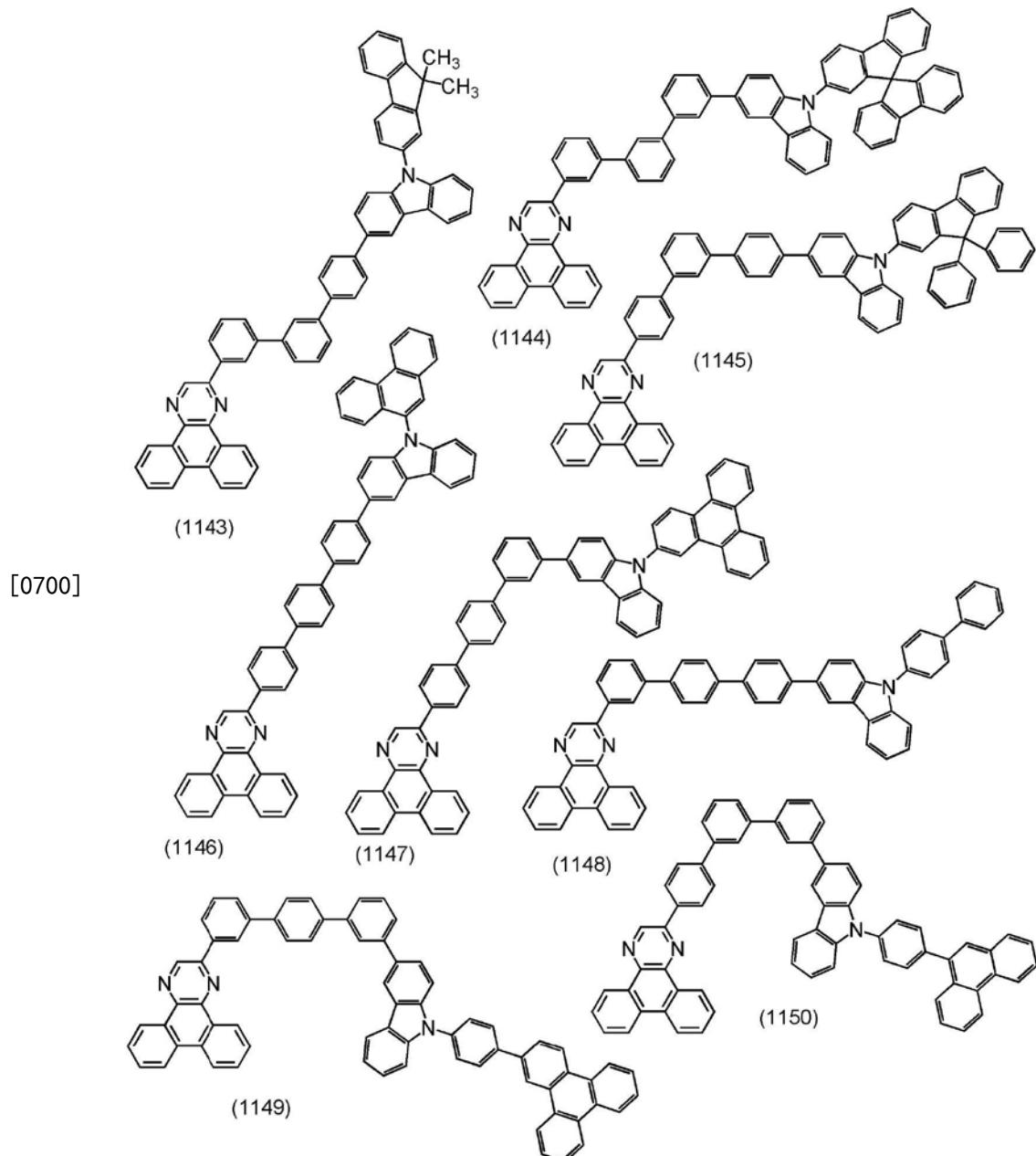
[0695] [化学式222]



[0697] [化学式223]



[0699] [化学式224]



[0701] 本发明的一个方式的杂环化合物具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构。可以将本发明的一个方式的杂环化合物用作构成EL层的发光层中的主体材料。

[0702] 发光层中的主体材料被要求各种性能及功能，其中作为重要的性质之一，可以举出高耐热性。当以材料的玻璃化转变温度(T_g)为示出材料的耐热性的指标时，可以说主体材料的玻璃化转变温度(T_g)越高，耐热性越高。材料的玻璃化转变温度(T_g)大致与材料的分子量成比例。因此，为了提高材料的耐热性，可以增大材料的分子量。

[0703] 一般而言，有机材料有分子量越大玻璃化转变温度(T_g)越高的趋势。但是，还有如下趋势：因耐热性的提高，而在纯化工序中进行的升华纯化或蒸馏中的升华温度或沸点也增高。很多通常的低分子有机化合物在400℃以上分解。此外，在仅增大分子量时升华温度或沸点增高。因此，在利用蒸镀的沉积等成膜工序或升华纯化、蒸馏等纯化工序中的温度需要增高，并且会导致分解。

[0704] 就是说,在为了提高主体材料的热物性而仅增大分子量时,在纯化工序或成膜工序中分解的可能性变高,因此有时难以将高度纯化的有机化合物用于元件。

[0705] 另一方面,虽然本发明的一个方式的杂环化合物具有为了提高热物性增大的分子量,但是该杂环化合物的分解温度较高,只要追加至少一个苯环,就大幅度地提高其耐热性。因此,在纯化工序或蒸镀工序中不容易发生分解,可以将保持高纯度的材料用于元件。就是说,可以提供一种耐热性高且特性良好的元件。

[0706] 一般而言,有机材料有分子量越大折射率越高的趋势。在增大用于发光层的主体材料的分子量时,不但玻璃化转变温度(T_g)并且发光层的折射率会变高。

[0707] 在发光层中产生的光经过EL层、透明电极并透过玻璃衬底及树脂膜等进入空气中。在上述光经过这些各构件之间的境界时,因折射率的不同而发生各种光学现象。就是说,根据光入射到境界时的角度、光透过的各构件的折射率的高低关系或者折射率间的差异的程度,例如从EL层发射的光向EL层的方向返回(全反射)、朝向意外的方向折射。其结果,到达发光元件的外部的光的强度下降,并且发光元件的光提取效率或外部量子效率下降。

[0708] 就是说,在为了提高主体材料的热物性而仅增大主体材料的分子量时,折射率变高,因此包括使用该主体材料的发光层的发光元件的光提取效率或外部量子效率下降,从而发生问题。

[0709] 然而,虽然本发明的一个方式的杂环化合物具有为了提高热物性增大的分子量,但是将该杂环化合物用于发光元件的发光层的主体材料不降低发光元件的光提取效率或外部量子效率。

[0710] 本发明的一个方式的杂环化合物具有以连结的三个以上的亚芳基为长轴的分子结构。在作为发光层的主体材料形成该杂环化合物的膜时,所形成的膜的取向有具有各分子的长轴向大致平行于衬底的方向倾斜的趋势。具有长轴的分子有时有折射率的各向异性,本发明的一个方式的杂环化合物也趋于具有折射率的各向异性。

[0711] 在为了增大分子量使用三个以上的亚芳基的情况下,有可能在长轴方向上分子变大而长轴方向的折射率变高,但是可认为在短轴方向上分子尺寸的变化不大。因此,短轴方向的折射率的变化小。在将本发明的一个方式的杂环化合物用于发光层时,该杂环化合物的膜有以其短轴朝向光提取方向的方式形成的趋势,因此该发光层的实效折射率与使用亚芳基的个数较少的杂环化合物的发光层的实效折射率大致一致。然而,由于在长轴方向上分子变大且分子量也变大,所以热物性得到改善。

[0712] 例如,本发明的一个方式的杂环化合物的与具有作为主体材料优秀的性质的2-[3'-(二苯并噁唑-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)不同之处在于亚芳基的个数为3以上,因此边提高热物性边保持实效折射率。由此,而不会降低发光元件的光提取效率或外部量子效率。

[0713] 并且,有在发光层中本发明的一个方式的杂环化合物取向时掺杂剂分子(也称为客体材料)也取向的趋势。有的掺杂剂分子在向特定方向上取向时,朝向发光元件的外部的光的发光强度变高,发光元件的外部量子效率得到提高。这是因为掺杂剂分子所发射的光也与折射率同样地有各向异性的缘故。就是说,发光元件的主体材料优选提高掺杂剂的取向性。就是说,本发明的一个方式的杂环化合物可以控制掺杂剂分子的取向,以进一步提高

发光元件的外部量子效率。

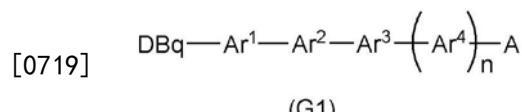
[0714] 因此,本发明的一个方式的杂环化合物具有作为主体材料非常有用的性质。

[0715] 本实施方式可以与其他任何实施方式适当地组合。

[0716] 实施方式2

[0717] 在本实施方式中,说明以通式(G1)表示的有机化合物的合成方法。

[0718] [化学式225]

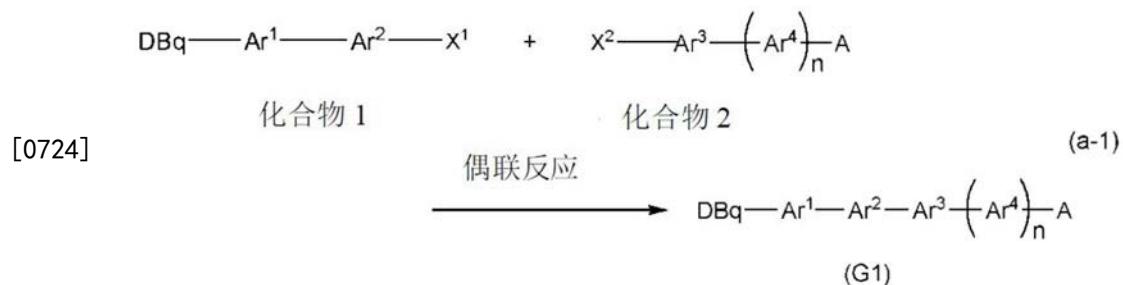


[0720] 作为以通式(G1)表示的有机化合物的合成方法可以采用各种反应。例如可以通过进行以下的合成反应合成以通式(G1)表示的有机化合物。注意,本发明的一个方式的以通式(G1)表示的有机化合物的合成方法不局限于以下的合成方法。

[0721] <以通式(G1)表示的有机化合物的合成方法>

[0722] 本发明的一个方式的以通式(G1)表示的有机化合物可以经过下述合成方案(a-1)合成。就是说,通过使二苯并[f,h]喹喔啉化合物(化合物1)与二苯并噻吩化合物或二苯并呋喃化合物(化合物2)偶联,可以得到以通式(G1)表示的化合物。

[0723] [化学式226]



[0725] 在合成方案(a-1)中,DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基,n为0或1,A表示取代或未取代的二苯并噻吩基和取代或未取代的二苯并呋喃基中的任一个,Ar¹、Ar²、Ar³、Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的亚芳基。上述亚芳基也可以具有一个或多个取代基。上述取代基也可以互相键合而形成环。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基可以由亚甲基互相联接而形成具有芴骨架的结构。

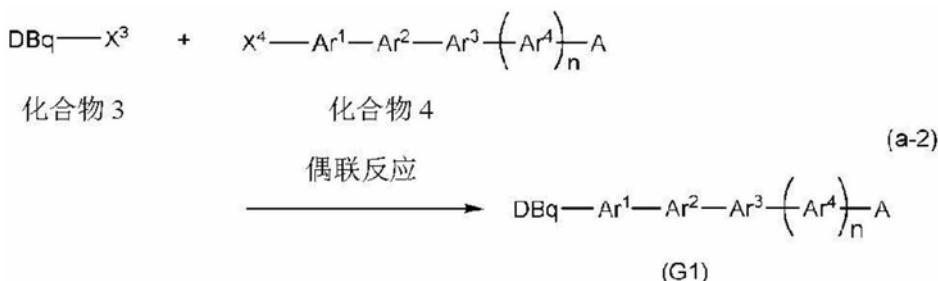
[0726] 在合成方案(a-1)中,在进行使用钯催化剂的铃木-宫浦偶联反应的情况下,X¹及X²分别独立地表示卤素、硼酸基、有机硼基或者三氟甲基磺酰基,卤素优选为碘、溴或者氯。在上述反应中,可以使用双(二亚苄基丙酮)钯(0)、醋酸钯(II)、[1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁]二氯化钯(II)、四(三苯基膦)钯(0)等钯化合物和三(叔丁基)膦、三(正己基)膦、三环己基膦、二(1-金刚烷基)-正丁基膦、2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯、三(邻甲苯基)膦等配体。在该反应中,可以使用叔丁醇钠等有机碱、碳酸钾、碳酸铯、碳酸钠等无机碱等。并且,在该反应中,作为溶剂可以使用甲苯、二甲苯、苯、四氢呋喃、二氧六环、乙醇、甲醇、水等。注意,能够用于上述反应的试剂类不局限于上述试剂类。

[0727] 在合成方案(a-1)中进行的反应不局限于铃木-宫浦偶联反应,也可以利用使用有机锡化合物的右田-小杉-Stille偶联反应、使用格氏试剂的熊田-玉尾-Corriu偶联反应、使用有机锌化合物的根岸偶联反应、使用铜或铜化合物的反应等。当使用右田-小杉-

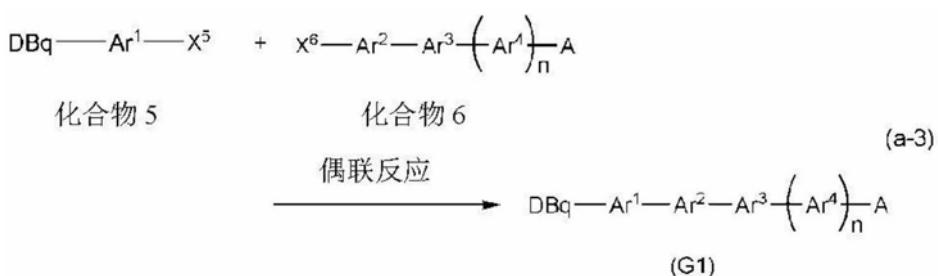
Stille偶联反应时,X¹和X²中的一个表示有机锡基,另一个表示卤素。就是说,化合物1和化合物2中的一个表示有机锡化合物。当使用熊田-玉尾-Corriu偶联反应时,X¹和X²中的一个表示卤化镁基,另一个表示卤素。就是说,化合物1和化合物2中的一个表示格氏试剂。当使用根岸偶联反应时,X¹和X²中的一个表示有机锌基,另一个表示卤素。就是说,化合物1和化合物2中的一个表示有机锌化合物。

[0728] 注意,在本发明的一个方式的以通式(G1)表示的有机化合物的合成中,合成方法不局限于合成方法(a-1)。例如,该合成可以经过下述合成方案(a-2)至合成方案(a-4)进行。就是说,通过使二苯并[f,h]喹喔啉化合物(化合物3、5或7)与二苯并噻吩化合物或二苯并呋喃化合物(化合物4、6或8)偶联,可以得到以通式(G1)表示的化合物。

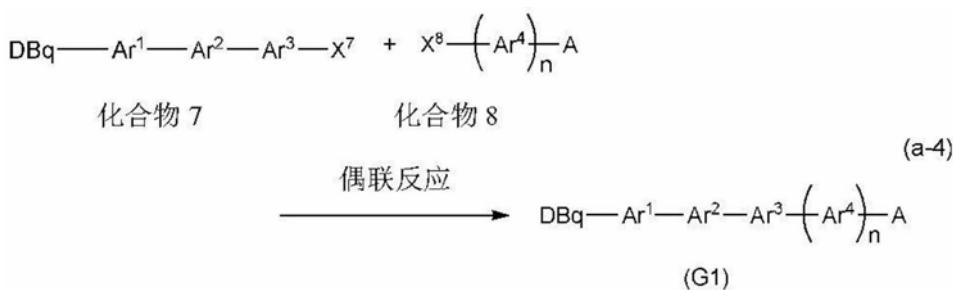
[0729] [化学式227]



[0731] [化学式228]



[0733] [化学式229]



[0735] 在合成方案(a-2)至合成方案(a-4)中,DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基,n为0或1,A表示取代或未取代的二苯并噻吩基和取代或未取代的二苯并呋喃基中的任一个,Ar¹、Ar²、Ar³、Ar⁴分别独立地表示碳原子数为6至10的亚芳基。上述亚芳基也可以具有一个或多个取代基。上述取代基也可以互相键合而形成环。Ar¹至Ar⁴中的相邻的亚芳基可以由亚甲基互相联接而形成具有芴骨架的结构。

[0736] 在合成方案(a-2)至合成方案(a-4)中,在进行使用钯催化剂的铃木-宫浦偶联反应的情况下,X³至X⁸分别独立地表示卤素、硼酸基、有机硼基或者三氟甲基磺酰基,卤素优选为碘、溴或者氯。在此能够使用的试剂与合成方案(a-1)相同,并且不局限于上述试剂。

[0737] 在合成方案(a-2)至合成方案(a-4)中进行的反应不局限于铃木-宫浦偶联反应，也可以利用使用有机锡化合物的右田-小杉-Stille偶联反应、使用格氏试剂的熊田-玉尾-Corriu偶联反应、使用有机锌化合物的根岸偶联反应、使用铜或铜化合物的反应等。

[0738] 使用这些反应时的X³至X⁸与合成方案(a-1)的X¹及X²相同。就是说，使用右田-小杉-Stille偶联反应时，在各反应中，一个X表示有机锡基，另一个X表示卤素。就是说，在各反应中，化合物3和化合物4中的一个、化合物5和化合物6中的一个、化合物7和化合物8中的一个表示有机锡化合物。当使用熊田-玉尾-Corriu偶联反应时，在各反应中，X³至X⁸中的一个X表示卤化镁基，另一个X表示卤素。就是说，在各反应中，化合物3和化合物4中的一个、化合物5和化合物6中的一个、化合物7和化合物8中的一个表示格氏试剂，化合物3和化合物4中的另一个、化合物5和化合物6中的另一个、化合物7和化合物8中的另一个表示卤素。当使用根岸偶联反应时，在各反应中，X³至X⁸中的一个X表示有机锌基，另一个X表示卤素。就是说，在各反应中，化合物3和化合物4中的一个、化合物5和化合物6中的一个、化合物7和化合物8中的一个表示有机锌化合物。

[0739] 当进行二苯并[f,h]喹喔啉化合物与二苯并噻吩化合物或二苯并呋喃化合物的偶联反应时，也可以在DBq、Ar¹至Ar⁴、A的任何位置进行偶联反应。注意，本发明的一个方式的杂环化合物的合成方法不局限于此。

[0740] 如上所述，虽然说明了本发明的一个方式的化合物的合成方法的例子，但本发明不局限于此，也可以利用其他任何合成方法。

[0741] 在实施方式2中，描述本发明的一个方式。在实施方式1及3至6中，将描述本发明的其他方式。但是，本发明的一个方式不局限于上述例子。例如，作为本发明的一个方式示出了二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的例子，但是本发明的一个方式不局限于这例子。根据情况或状况，本发明的一个方式也可以具有如下结构以外的骨架，即二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构。例如，根据情况或状况，本发明的一个方式也可以不具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构。

[0742] 本实施方式可以与其他任何实施方式适当地组合。

[0743] 实施方式3

[0744] 在本实施方式中，参照图1A对包含本发明的一个方式的杂环化合物的发光元件的一个方式进行说明。

[0745] 本实施方式中的发光元件在一对电极之间包括多个层。在本实施方式中，发光元件包括第一电极101、第二电极102、设置在第一电极101与第二电极102之间的EL层103。注意，在图1A中，第一电极101被用作阳极且第二电极102被用作阴极。即，当以使第一电极101的电位高于第二电极102的电位的方式对第一电极101和第二电极102施加电压时能够得到发光。当然，也可以采用将第一电极用作阴极且将第二电极用作阳极的结构。此时，EL层的叠层顺序与上述顺序相反。另外，在本实施方式所示的发光元件中，EL层103的至少一个层包含本发明的一个方式的杂环化合物。包含该杂环化合物的层优选被用作发光层或电子传输层，因为上述杂环化合物的特性可以有效地利用，并且该发光元件可以具有良好的特性。

[0746] 作为被用作阳极的电极，优选使用功函数大(具体为4.0eV以上的功函数)的金属、

合金、导电化合物以及它们的混合物等中的任一个。具体地，例如可以举出铟锡氧化物(ITO:Indium Tin Oxide, 钫锡氧化物)、包含硅或氧化硅的铟锡氧化物、氧化铟-氧化锌、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)等。虽然通常通过溅射法形成这些导电金属氧化物膜，但是也可以应用溶胶-凝胶法等来形成。例如，可以使用对氧化铟添加有1wt%以上且20wt%以下的氧化锌的靶材通过溅射法形成氧化铟-氧化锌。另外，可以使用对氧化铟添加有0.5wt%以上且5wt%以下的氧化钨并对氧化铟添加有0.1wt%以上且1wt%以下的氧化锌的靶材通过溅射法形成包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)。另外，可以举出金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)及金属材料的氮化物(例如，氮化钛)等。另外，也可以使用石墨烯。

[0747] 对EL层103的叠层结构没有特别的限制。EL层103通过适当地组合包含电子传输性高的物质的层、包含空穴传输性高的物质的层、包含电子注入性高的物质的层、包含空穴注入性高的物质的层、包含具有双极性的物质(电子及空穴传输性高的物质)的层及具有载流子阻挡性的层等来构成。在本实施方式中，EL层103具有在用作阳极的电极上依次层叠空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114及电子注入层115的结构。下面具体地示出构成各层的材料。

[0748] 空穴注入层111是包含空穴注入性高的物质的层。作为空穴注入性高的物质，例如可以使用钼氧化物、钒氧化物、钌氧化物、钨氧化物、锰氧化物等。另外，也可以使用酞菁类化合物如酞菁(简称:H₂Pc)、铜酞菁(简称:CuPc)等；芳香胺化合物如4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)等；或者高分子化合物如聚(乙烯二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(简称:PEDOT/PSS)等来形成空穴注入层111。

[0749] 作为空穴注入层111，也可以使用在具有空穴传输性的物质中含有对该物质呈现电子接收性的物质(以下就称为“电子接收物质”)的复合材料。在本说明书中，“复合材料”不是指仅混合两个材料而成的材料，也是指通过混合多个材料来使其处于在材料之间可以授受电荷的状态的材料。该电荷的授受包括只在存在电场时发生的电荷的授受。

[0750] 注意，通过使用在具有空穴传输性的物质中含有电子受体物质而成的复合材料，可以在选择形成电极的材料时无需顾及材料的功函数。就是说，作为被用作阳极的电极，除了功函数大的材料以外，还可以使用功函数小的材料。作为电子受体物质，可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F₄-TCNQ)、氯醌等。还可以使用过渡金属氧化物。尤其是，可以适当地使用属于元素周期表中的第4族至第8族的任何金属的氧化物。具体地，优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化铼，因为其电子接收性高。其中，作为电子接收物质特别优选使用氧化钼，因为其在大气中也稳定，吸湿性低，并且容易处理。

[0751] 作为用于复合材料的具有空穴传输性的物质，可以使用各种有机化合物如芳香胺化合物、咔唑化合物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等。作为用于复合材料的有机化合物，优选使用空穴传输性高的有机化合物。具体而言，优选使用空穴迁移率为1~10⁻⁶cm²/Vs以上的物质。注意，只要是具有空穴传输性的物质，就也可以使用上述物质之外的任何物质。以下，具体地列举可以被用作复合材料中的具有空穴传输性的物质的有机化合物。

[0752] 例如,作为芳香胺化合物,可以举出N,N'-二(对甲苯基)-N,N'-二苯基-p-亚苯基二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)等。

[0753] 作为可以用于复合材料的咔唑化合物,可以具体地举出3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)等。

[0754] 另外,作为可以用于复合材料的咔唑化合物,还可以举出4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、1,4-双[4-(N-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0755] 作为可以用于复合材料的芳烃,例如可以举出2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、2-叔丁基-9,10-双(4-苯基苯基)蒽(简称:t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAanth)、2-叔丁基蒽(简称:t-BuAnth)、9,10-双(4-甲基-1-萘基)蒽(简称:DMNA)、2-叔丁基-9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽、9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽、9,9'-联蒽、10,10'-二苯基-9,9'-联蒽、10,10'-双(2-苯基苯基)-9,9'-联蒽、10,10'-双[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联蒽、蒽、并四苯、红荧烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯等。除此之外,还可以使用并五苯、晕苯等。尤其优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的碳原子数为14以上且42以下的芳烃。

[0756] 可以用于复合材料的芳烃也可以具有乙烯基骨架。作为具有乙烯基的芳烃,例如可以举出4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi)、9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)等。

[0757] 另外,也可以使用聚(N-乙烯基咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-{N'}-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基]苯基]甲基丙烯酰胺](简称:PTPDMA)、聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺](简称:Poly-TPD)等高分子化合物。

[0758] 另外,复合材料也可以包含在实施方式1中说明的具有二苯并呋喃基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物。

[0759] 空穴传输层112是包含具有空穴传输性的物质的层。作为具有空穴传输性的物质,可以使用上述可用于复合材料的具有空穴传输性的物质。另外,为了避免重复而省略详细说明。参见复合材料的记载。另外,空穴传输层也可以包含在实施方式1中说明的具有二苯并呋喃基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物。

[0760] 发光层113是包含发光性物质的层。发光层113既可以由只包含发光物质的膜构成,又可以由在主体材料中分散有发光中心物质的膜构成。

[0761] 对在发光层113中能够用作发光物质或发光中心物质的材料没有特别的限制,而该材料所发射的光可以是荧光也可以是磷光。作为上述发光物质及发光中心物质,例如可

$C^2]$ 铱(III)乙酰丙酮(简称:Fir(acac))等以具有吸电子基团的苯基吡啶化合物为配体的有机金属铱配合物等。注意,由于具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物的可靠性及发光效率高,所以是特别优选的。作为发射绿色光的磷光发光物质的例子,可以举出:三(4-甲基-6-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(mppm)₃])、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₃])、(乙酰丙酮根)双(6-甲基-4-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:Ir(mppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:Ir(tBuppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双[6-(2-降冰片基)-4-苯基嘧啶根]铱(III)(简称:Ir(nbppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶根]铱(III)(简称:Ir(mpmpm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶根)铱(III)(简称:Ir(dppm)₂(acac))等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物;(乙酰丙酮根)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根)铱(III)(简称:Ir(mppr-Me)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根)铱(III)(简称:Ir(mppr-iPr)₂(acac))等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物;三(2-苯基吡啶)铱(简称:Ir(ppy)₃)、双(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(ppy)₂(acac))、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(bzq)₂(acac))、三(苯并[h]喹啉)铱(III)(简称:Ir(bzq)₃)、三(2-苯基喹啉-N,C^{2'})铱(III)(简称:Ir(pq)₃)、双(2-苯基喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(pq)₂(acac))等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物;以及三(乙酰丙酮根)(单菲咯啉)铽(III)(简称:Tb(acac)₃(Phen))等稀土金属配合物。另外,由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物的可靠性及发光效率非常高,所以是特别优选的。作为发射红色光的磷光发光物质的例子,可以举出:(二异丁酰基甲烷根(diisobutyrylmethanato))双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根]铱(III)(简称:Ir(5mdppm)₂(dibm))、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(5mdppm)₂(dpm))、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(d1npm)₂(dpm)])等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物;(乙酰丙酮根)双(2,3,5-三苯基吡嗪根)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(acac))、双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(dpm))、(乙酰丙酮根)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合]铱(III)(简称:Ir(Fdpq)₂(acac))等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物;三(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)(简称:Ir(piq)₃)、双(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(piq)₂(acac))等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物;2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)等铂配合物;以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲咯啉)铕(III)(简称:Eu(DBM)₃(Phen))、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲咯啉)铕(III)(简称:Eu(TTA)₃(Phen))等稀土金属配合物。注意,由于具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物的可靠性及发光效率非常高,所以是特别优选的。另外,由于具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物可以提供色度良好的红色发光,所以通过将该有机金属铱配合物用于白色发光元件,可以提高白色发光元件的演色性。另外,因为具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的本发明的一个方式的化合物呈现发光,因此可以被用作发光中心材料。

[0762] 作为能够用作发光物质的材料,除了上述物质之外,还可以选择各种物质。

[0763] 作为上述分散发光中心物质的主体材料,优选使用本发明的一个方式的杂环化合物。

[0764] 由于该杂环化合物具有大带隙以及高三重激发能级,因此该杂环化合物可以适用于不但分散发射可见区域的荧光的发光中心物质的主体材料而且分散呈现能量大的发光的发光中心物质(如发射可见区域的磷光的发光中心物质等)的主体材料。尤其是,该化合物可以适用于分散发射蓝色磷光的发光中心物质的主体材料。当然,也可以将该化合物用作分散发射比蓝色光的波长长的荧光的发光中心物质或发射比绿色光的波长长的磷光的发光中心物质的主体材料。由于该化合物的载流子传输性(尤其是电子传输性)高,因此能够实现驱动电压低的发光元件。

[0765] 当将该杂环化合物用于主体材料时,由于取向性高因此可以使客体材料取向。因此,光提取效率得到提高,这引起外部量子效率的提高。并且,因为该杂环化合物的分子量较大所以具有良好的热稳定性,这有助于发光元件的长使用寿命化。

[0766] 此外,将该化合物用作构成与发光层相邻的载流子传输层(优选为电子传输层)的材料也是有效的。因为该化合物具有大带隙或高三重激发能级,即便发光中心材料是呈现蓝色荧光或绿色至蓝色的磷光等能量大的发光的材料,也能够将在主体材料中复合的载流子的能量有效地移动到发光中心物质。因此,可以制造发光效率高的发光元件。另外,当将上述化合物用作主体材料或构成载流子传输层的材料时,作为发光中心材料,优选选择其HOMO能级和LUMO能级之间的带隙比该化合物小的物质或者其单重激发能级或者其三重激发能级比该化合物低的物质,但不局限于此。

[0767] 下面,例示出在作为上述主体材料不使用杂环化合物时可以使用的材料。

[0768] 作为具有电子传输性的材料,可以举出如下:双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等金属配合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:0XD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、2,2',2"- (1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIm-II)等具有多唑骨架的杂环化合物;2-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噁吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噁吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)等具有二嗪骨架的杂环化合物;以及3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等具有吡啶骨架的杂环化合物。其中,具有二嗪骨架的杂环化合物以及具有吡啶骨架的杂环化合物的可靠性高,所以是优选的。尤其是,具有二嗪(嘧啶或吡嗪)骨架的杂环化合物具有高电子传输性,而有助于降低驱动电压。另外,具有上述苯并噁吩并噁啶骨架的化合物是电子传输性比较高的材料且分类为具有电子传输性的材料。

[0769] 作为具有空穴传输性的材料可以举出如下:4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-

9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-二芴-2-胺(简称:PCBASF)等具有芳香胺骨架的化合物;1,3-双(N-咔唑基)苯(简称:mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称:CzTP)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)等具有咔唑骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)等具有噻吩骨架的化合物;以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)等具有呋喃骨架的化合物。其中,优选使用具有芳香胺骨架的化合物以及具有咔唑骨架的化合物,因为这些化合物具有高可靠性和高电子传输性,而有助于降低驱动电压。

[0770] 另外,当发光中心物质为磷光发光物质时作为主体材料优选选择其三重激发能级比该磷光发光物质高的物质,当发光中心物质为荧光发光物质时,作为主体材料优选选择其带隙比该荧光发光物质大的物质。除了主体材料以及磷光物质之外,发光层也可以包含第三物质。注意,这记载并不排除发光层包含主体材料、磷光物质和第三物质以外的成分的情况。

[0771] 在此,为了在使用磷光发光物质时获得发光效率更高的发光元件,考虑主体材料与磷光物质之间的能量转移。在主体材料及磷光物质中都发生载流子的重新结合,所以为了提高发光效率,优选高效率地进行从主体材料向磷光物质的能量转移。

[0772] 在本实施方式中,作为客体材料使用磷光化合物。在磷光化合物的吸收光谱中,被认为最有助于发光的吸收带位于相当于从基态到三重激发态的直接跃迁的吸收波长及其附近,这在最长波长一侧。由此,被认为优选的是,主体材料的发射光谱(荧光光谱及磷光光谱)与磷光化合物的吸收光谱的最长波长一侧的吸收带重叠。

[0773] 例如,在大部分的有机金属配合物,尤其是发光铱配合物中,作为最长波长一侧的吸收带在500nm至600nm附近出现宽吸收带。该吸收带主要来源于三重MLCT(从金属到配体的电荷转移:Metal to Ligand Charge Transfer)跃迁。但是,可以认为在该吸收带中也包括来源于三重 $\pi-\pi^*$ 跃迁和单重MLCT跃迁的吸收,这些吸收互相重叠,而在吸收光谱的最长波长一侧形成宽吸收带。因此,在作为客体材料使用有机金属配合物(尤其是铱配合物)时,优选的是,如上所述那样位于最长波长一侧的宽吸收带与主体材料的发射光谱大部分地重叠。

[0774] 在此首先,考虑由主体材料的三重激发态的能量转移。根据上述讨论,在由三重激发态的能量转移中,使主体材料的磷光光谱与客体材料的最长波长一侧的吸收带大部分地重叠。

[0775] 然而,此时成为问题的是由主体分子的单重激发态的能量转移。在除了由三重激发态的能量转移以外,还高效地进行由单重激发态的能量转移时,除了主体材料的磷光光

谱以外,优选以使主体材料的荧光光谱与客体材料的最长波长一侧的吸收带重叠的方式设计主体材料。换言之,当以主体材料的荧光光谱位于与主体材料的磷光光谱大致相同的位置的方式设计主体材料时,可以高效地进行由主体材料的单重激发态及三重激发态的双方的能量转移。

[0776] 然而,一般而言,由于S1能级与T1能级大不相同(S1能级>T1能级),所以荧光的发射波长与磷光的发射波长也大不相同(荧光的发射波长<磷光的发射波长)。例如,在使用磷光化合物的发光元件中,通常使用的4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)的磷光光谱位于500nm附近,而其荧光光谱位于400nm附近,两者之间具有100nm左右的差异。上述例子还示出以主体材料的荧光光谱位于与主体材料的磷光光谱大致相同的位置的方式设计主体材料是极为困难的。

[0777] 另外,因为荧光发光是由比磷光发光的能级高的能级发射的光,所以荧光光谱相当于与客体材料的最长波长一侧的吸收光谱接近的波长的主体材料的T1能级低于客体材料的T1能级。

[0778] 于是,当将磷光发光物质用作发光中心物质时,除了主体材料以及发光中心物质之外,发光层还包括第三物质,主体材料与第三物质的组合是形成激基复合物(也称为“exciplex”的组合)。

[0779] 此时,当在发光层中载流子(电子及空穴)重新结合时,主体材料和第三物质形成激基复合物。激基复合物的荧光光谱位于比单个主体材料的荧光光谱或者单个第三物质的荧光光谱长波长一侧。因此,在主体材料以及第三物质的T1能级保持高于客体材料的T1能级的状态下,可以最大限度地提高由单重激发态的能量转移。另外,因为激基复合物的T1能级与S1能级相互接近,所以荧光光谱与磷光光谱位于大致相同的位置。由此,激基复合物的荧光光谱及磷光光谱的双方可以与相当于客体分子从单重基态到三重激发态的迁移的吸收(吸收光谱中的位于最长波长一侧的客体分子的宽吸收带)大部分地重叠,从而能够得到能量转移效率高的发光元件。

[0780] 作为第三物质,可以使用可用作主体材料或添加物的上述材料。只要它们能够形成激基复合物,就对主体材料与第三物质没有特别的限制,但优选的是容易接收电子的化合物(具有电子传输性的化合物)与容易接收空穴的化合物(具有空穴传输性的化合物)的组合。

[0781] 在使用具有电子传输性的化合物和具有空穴传输性的化合物构成主体材料和第三物质的情况下,可以通过调节化合物的混合比来控制载流子平衡。具体而言,主体材料与第三物质(或添加物)的比例优选为1:9至9:1。注意,此时,也可以将分散有一种发光中心物质的发光层分成为两层,并且使该两层中的主体材料与第三物质的混合比不同。通过采用上述结构,可以对发光元件的载流子平衡进行最优化,从而可以提高发光元件的使用寿命。另外,也可以将一个发光层用作空穴传输层而将另一个发光层用作电子传输层。

[0782] 在具有如上所述那样的结构的发光层由多个材料构成时,可以通过利用真空蒸镀法的共蒸镀、使用该材料的溶液的喷墨法、旋涂法或浸渍涂布法等来形成。

[0783] 电子传输层114是包含具有电子传输性的物质的层。例如,电子传输层114是由如下具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物等构成的层:三(8-羟基喹啉)铝(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(简称:Almq₃)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(简称:BeBq₂)、

双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(简称:BA1q)等。除此之外,还可以使用双[2-(2-羟基苯基)苯并噁唑]锌(简称:Zn(BOX)₂)、双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(简称:Zn(BTZ)₂)等具有噁唑类、噻唑类配体的金属配合物等。除了金属配合物之外,还可以使用2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)等。在此所述的物质主要是电子迁移率为 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,只要是其电子传输性比空穴传输性高的物质,就可以作为电子传输层使用上述物质以外的任何物质。

[0784] 另外,也可以将上述杂环化合物用作构成电子传输层114的材料。由于上述杂环化合物具有大带隙以及高T1能级,所以能够有效地防止在发光层中激发能量转移到电子传输层114,并且能够抑制起因于激发能量转移的发光效率的降低,从而能够得到发光效率高的发光元件。此外,本发明的一个方式的化合物的载流子传输性高,因此能够提供一种驱动电压低的发光元件。

[0785] 电子传输层也可以是由上述任何物质构成的层的两层以上的叠层,而不局限于单层。

[0786] 另外,也可以在电子传输层与发光层之间设置控制电子载流子的移动的层。这是对如上所述那样的电子传输性高的材料添加少量的电子俘获性高的物质而成的层,并且该层通过抑制电子载流子的移动可以调节载流子平衡。这种结构对在电子穿过发光层时发生的问题(例如,元件使用寿命的降低)的抑制发挥很大的效果。

[0787] 发光层的主体材料和构成电子传输层的材料优选具有相同的骨架,由此能够容易进行载流子的移动,从而可以降低驱动电压。并且,有效的是上述主体材料和构成电子传输层的材料是相同的材料。

[0788] 另外,还可以在电子传输层114与第二电极102之间以接触于第二电极102的方式设置电子注入层115。作为电子注入层115,可以使用锂、钙、氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF₂)等。此外,也可以使用具有电子传输性的物质与对该物质具有电子给予性的物质(以下就称为电子给予性物质)的复合材料。作为电子给予性物质,例如可以举出碱金属、碱土金属、它们的化合物及电子盐。作为该电子盐,例如可以举出对钙氧化物-铝氧化物以高浓度添加电子而成的电子盐等。此外,作为电子注入层115优选使用这种复合材料,因此高效地进行从第二电极102的电子注入。通过采用该结构,作为阴极,除了功函数小的材料之外还可以使用导电材料。

[0789] 作为用作阴极的电极,可以使用功函数小(具体为3.8eV以下的功函数)的金属、合金、导电化合物以及这些的混合物中的任一个等。作为这种阴极材料的具体例子,可以举出属于元素周期表中的第1族和第2族的元素,即锂(Li)、铯(Cs)、镁(Mg)、钙(Ca)和锶(Sr)等以及包含这些金属的合金(MgAg、AlLi)、铕(Eu)和镱(Yb)等稀土金属以及包含这些稀土金属的合金等。然而,通过在第二电极102与电子传输层之间设置电子注入层,可以不顾及功函数的大小而将各种导电材料诸如Al、Ag、ITO、包含硅或氧化硅的铟锡氧化物等用于第二电极102。这些导电材料的膜可以通过溅射法、喷墨法、旋涂法等形式。

[0790] 作为EL层103的形成方法,无论是干式工序还是湿式工序,都可以使用各种方法。例如,也可以使用真空蒸镀法、喷墨法或旋涂法等。另外,也可以将不同的成膜方法用于各

电极或各层。

[0791] 此外,电极既可以通过利用溶胶-凝胶法的湿式法形成,又可以通过利用金属材料的膏剂的湿式法形成。另外,也可以通过溅射法或真空蒸镀法等干式法形成。

[0792] 注意,设置于第一电极101与第二电极102之间的EL层的结构不局限于上述结构。但是,优选在离第一电极101及第二电极102远的部分设置空穴与电子重新结合的发光区域,以便抑制由于发光区域与用于电极或载流子注入层的金属的接近而发生的猝灭。

[0793] 另外,为了抑制由在发光层中产生的激子的能量转移,直接接触于发光层的空穴传输层及电子传输层,尤其是接触于接近发光层113中的发光区域一侧的载流子传输层优选使用具有比构成发光层的发光物质或者包含在发光层中的发光中心物质大的带隙的物质构成。

[0794] 在具有如上所述那样的结构的发光元件中,电流因供应到第一电极101与第二电极102之间的电位差而流动,并且空穴和电子在包含发光性高的物质的发光层113中重新结合,以进行发光。即,在发光层113中形成发光区域。

[0795] 光经过第一电极101和第二电极102中的一方或双方被提取到外面。因此,第一电极101和第二电极102中的一方或双方为透光电极。当只有第一电极101为透光电极时,光经过第一电极101从衬底一侧被提取。另一方面,当只有第二电极102为透光电极时,光经过第二电极102从与衬底相反一侧被提取。当第一电极101和第二电极102都为透光电极时,光经过第一电极101及第二电极102从衬底一侧及与衬底的相反一侧被提取。

[0796] 因为本实施方式中的发光元件使用本发明的一个方式的化合物,所以该发光元件可以具有高外部量子效率。本发明的一个方式的杂环化合物具有高耐热性,因此该发光元件具有良好的热物性。

[0797] 将由玻璃或塑料等构成的衬底用作支撑体来制造这种发光元件即可。通过在一个衬底上形成多个这种发光元件,可以制造无源矩阵型发光装置。或者,也可以在由玻璃或塑料等构成的衬底上形成晶体管,并且在与晶体管电连接的电极上制造该发光元件。由此,可以制造有源矩阵型发光装置,在该装置中晶体管控制发光元件的驱动。注意,对晶体管的结构没有特别的限制。可以使用交错TFT或反交错TFT。另外,对用于TFT的半导体的结晶度没有特别的限制。此外,在TFT衬底中形成的驱动电路可以由n沟道TFT和p沟道TFT中的任何一种或两种形成。作为构成TFT的半导体层的材料,只要是硅(Si)及锗(Ge)等元素周期表中的第14族元素、砷化镓及磷化铟等化合物以及氧化锌及氧化锡等氧化物等呈现半导体特性的材料,就可以使用任何材料。作为呈现半导体特性的氧化物(氧化物半导体),可以使用选自铟、镓、铝、锌以及锡中的元素的复合氧化物。例如,可以举出氧化锌(ZnO)、含有氧化锌的氧化铟(IZO: Indium Zinc Oxide)、由氧化铟、氧化镓、氧化锌构成的氧化物(IGZO: Indium Gallium Zinc Oxide)。另外,也可以使用有机半导体。上述半导体层的结构可以为结晶结构或非晶结构。作为结晶半导体层的具体例子,可以举出单晶半导体、多晶半导体及微晶半导体。

[0798] 如上所述,可以将本发明的一个方式的杂环化合物用于发光元件。

[0799] 本实施方式可以与其他任何实施方式适当地组合。

[0800] 实施方式4

[0801] 在本实施方式中,参照图1B说明具有层叠有多个发光单元的结构的发光元件(以

下也称为叠层型元件)的一个方式。该发光元件是在第一电极与第二电极之间具有多个发光单元的发光元件。各个发光单元可以具有与实施方式2所示的EL层103同样的结构。即，实施方式2所示的发光元件是具有一个发光单元的发光元件，而本实施方式所示的发光元件是具有多个发光单元的发光元件。

[0802] 在图1B中，在第一电极501与第二电极502之间层叠有第一发光单元511和第二发光单元512，并且在第一发光单元511与第二发光单元512之间设置有电荷产生层513。第一电极501和第二电极502分别相当于实施方式2中的第一电极101和第二电极102、以及实施方式2所说明的材料。另外，第一发光单元511和第二发光单元512可以为相同或不同。

[0803] 电荷产生层513包含有机化合物和金属氧化物的复合材料。作为该有机化合物和金属氧化物的复合材料，可以使用实施方式2所示的可用于空穴注入层的复合材料。作为有机化合物，可以使用芳香胺化合物、咔唑化合物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等各种任何化合物。另外，有机化合物优选具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率。但是，只要是其空穴传输性高于电子传输性的物质，就可以使用这些以外的任何物质。因为有机化合物和金属氧化物的复合材料具有高的载流子注入性以及载流子传输性，所以可以实现低电压驱动以及低电流驱动。注意，在阳极一侧的界面接触于电荷产生层的发光单元中，电荷产生层还可以具有空穴传输层的功能，所以也可以不设置空穴传输层。

[0804] 电荷产生层513也可以具有包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层与包含其他材料的层的叠层结构。例如，也可以组合包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层与包含选自电子给予性物质中的化合物和具有高电子传输性的化合物的层。另外，也可以通过组合包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层与透明导电膜形成。

[0805] 夹在第一发光单元511与第二发光单元512之间的电荷产生层513只要具有在将电压施加到第一电极501和第二电极502之间时，将电子注入到一侧的发光单元且将空穴注入到另一侧的发光单元的任何结构即可。例如，在图1B中，电荷产生层513只要使用在以使第一电极的电位高于第二电极的电位的方式施加电压时，将电子注入到第一发光单元511且将空穴注入到第二发光单元512的任何层即可。

[0806] 虽然在本实施方式中说明了具有两个发光单元的发光元件，但是本发明可以同样地应用于层叠有三个以上的发光单元的发光元件。如根据本实施方式的发光元件那样，通过在一对电极之间由电荷产生层隔开多个发光单元，该发光元件在保持低电流密度的同时还可以进行高亮度发光，由此可以实现使用寿命更长的发光元件。另外，还可以实现能够进行低电压驱动且耗电量低的发光装置。

[0807] 通过使各发光单元的发光颜色彼此不同，可以以整个发光元件发射所希望的颜色的光。例如，通过以使第一发光单元的发光颜色和第二发光单元的发光颜色成为补色关系的方式形成具有两个发光单元的发光元件，可以实现以整个发光元件发射白色光的发光元件。注意，词语“补色”是指当颜色混合时得到无彩色的颜色关系。即，当从混合发射补色关系的颜色的光的物质得到光时，可以得到白色发光。另外，具有三个发光单元的发光元件也是同样的。例如，在第一发光单元的发光颜色是红色，第二发光单元的发光颜色是绿色，第三发光单元的发光颜色是蓝色的情况下，可以以整个发光元件发射白色光。此外，通过在一个发光单元的发光层中使用磷光发光中心物质而在另一个发光单元的发光层中使用荧光发光中心物质，能够在一个发光元件中高效地发射荧光和磷光的两者。例如，通过从一个发

光单元得到红色和绿色的磷光而从另一个发光单元得到蓝色的荧光,能够得到发光效率高的白色光。

[0808] 因为本实施方式的发光元件包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物,所以发光元件可以具有高发光效率或低驱动电压。此外,由于从包含该杂环化合物的发光单元可以得到来源于发光中心物质的高色纯度的光,所以容易调整发光元件整体的颜色。

[0809] 本实施方式可以与其他任何实施方式适当地组合。

[0810] 实施方式5

[0811] 在本实施方式中,说明使用发光元件的发光装置,该发光元件包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物。

[0812] 在本实施方式中,参照图2A和图2B说明使用包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的发光元件制造的发光装置的一个例子。另外,图2A是示出发光装置的俯视图,图2B是沿图2A中的线A-B以及C-D切割的截面图。该发光装置包括以虚线表示的用来控制发光元件的发光的驱动电路部(源极一侧驱动电路)601、像素部602以及驱动电路部(栅极一侧驱动电路)603。附图标记604是密封衬底;625,干燥剂;605,密封剂;以及607,由密封剂605围绕的空间。

[0813] 引导布线608是用来传送输入到源极一侧驱动电路601及栅极一侧驱动电路603的信号的布线,并且从用作外部输入端子的FPC(柔性印刷电路)609接收视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等。虽然在此只图示FPC,但是该FPC也可以安装有印刷线路板(PWB)。本说明书中的发光装置在其范畴内不仅包括发光装置主体,并且还包括安装有FPC或PWB的发光装置。

[0814] 接下来,参照图2B说明截面结构。在元件衬底610上形成有驱动电路部及像素部,在此示出作为驱动电路部的源极一侧驱动电路601及像素部602中的一个像素。

[0815] 作为源极一侧驱动电路601,形成组合n沟道型TFT623和p沟道型TFT624的CMOS电路。此外,驱动电路也可以使用CMOS电路、PMOS电路及NMOS电路等各种任何电路形成。在本实施方式中,虽然示出将驱动电路形成于衬底上的驱动器一体型,但驱动电路不需要必须形成于衬底上,也可以将驱动电路形成于外部而不形成于衬底上。

[0816] 像素部602由包括开关用TFT611、电流控制用TFT612、电连接于该电流控制用TFT612的漏极的第一电极613的多个像素形成。另外,以覆盖第一电极613的端部的方式形成有绝缘物614,在此使用正型的光敏树脂膜。

[0817] 为了提高形成于绝缘物614上的膜的覆盖率,将绝缘物614的上端部或下端部形成具有曲率的曲面。例如,在作为绝缘物614的材料使用正型的光敏丙烯酸树脂的情况下,优选使只有绝缘物614的上端部包括具有曲率半径(0.2μm以上且3μm以下)的曲面。作为绝缘物614,可以使用负型光敏材料或正型光敏材料。

[0818] 在第一电极613上形成有EL层616及第二电极617。作为用作阳极的第一电极613的材料优选使用功函数大的材料。例如,可以使用ITO膜、包含硅的铟锡氧化物膜、包含2wt%以上且20wt%以下的氧化锌的氧化铟膜、氮化钛膜、铬膜、钨膜、Zn膜、Pt膜等的单层膜、由氮化钛膜和以铝为主要成分的膜构成的叠层或者由氮化钛膜、以铝为主要成分的膜和氮化

钛膜的三层构成的叠层等。当采用叠层结构时,可以得到低的布线电阻、良好的欧姆接触以及作为阳极的功能。

[0819] EL层616通过使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋涂法等各种任何方法形成。EL层616包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物。此外,作为构成EL层616的其他材料,也可以使用低分子化合物、以及高分子化合物(包含低聚物、树枝状聚合物)。

[0820] 作为形成在EL层616上并用作阴极的第二电极617的材料,优选使用功函数小的材料(A1、Mg、Li、Ca、或者它们的合金或化合物诸如MgAg、MgIn、AlLi等)。当使产生在EL层616中的光透过第二电极617时,作为第二电极617优选使用由金属薄膜和透明导电膜(ITO、包含2wt%以上且20wt%以下的氧化锌的氧化铟、包含硅的铟锡氧化物、氧化锌(ZnO)等)构成的叠层。

[0821] 此外,发光元件由第一电极613、EL层616、第二电极617形成。该发光元件具有实施方式3所示的结构。在本实施方式的发光装置中,像素部由多个发光元件构成,也可以包括具有实施方式3所说明的结构的发光元件和具有其他结构的发光元件的双方。

[0822] 通过利用密封剂605将密封衬底604与元件衬底610贴合在一起,在由元件衬底610、密封衬底604及密封剂605围绕的空间607中设置有发光元件618。在空间607中填充有填充剂。该填充剂也可以是惰性气体(氮、氩等)或者树脂和/或干燥材料。

[0823] 作为密封剂605,优选使用环氧类树脂或玻璃粉。这些材料优选是尽量不使水分、氧透过的材料。作为密封衬底604,可以使用玻璃衬底、石英衬底、由纤维增强塑料(Fiber Reinforced Plastics:FRP)、聚氟乙烯(PVF)、聚酯或丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。

[0824] 如上所述,可以得到使用包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物的发光元件制造的发光装置。

[0825] 图3A和图3B示出通过形成呈现白色发光的发光元件且设置着色层(滤色片)等来实现全彩色显示的发光装置的例子。图3A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、1007、1008、第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B、分隔壁1025、EL层1028、发光元件的第二电极1029、密封衬底1031、密封剂1032等。

[0826] 在图3A中,将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)设置于透明基材1033上。另外,还可以设置黑色层(黑矩阵)1035。对设置有着色层及黑色层的透明基材1033进行对准将其固定在衬底1001上。此外,着色层及黑色层由覆盖层1036覆盖。在图3A中,从有的发光层发射的光不透过着色层而从其他发光层发射的光透过着色层。不透过着色层的光成为白色光且透过着色层中的任一个的光成为红色光、蓝色光、绿色光,因此能够以四个颜色的像素显示图像。

[0827] 图3B示出将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在栅极绝缘膜1003与第一层间绝缘膜1020之间的例子。如图3B所示,也可以将着色层设置在衬底1001与密封衬底1031之间。

[0828] 虽然上面说明了具有从形成有TFT的衬底1001一侧取出光的结构(底部发射结构)的发光装置,但是也可以具有从密封衬底1031一侧取出光的结构(顶部发射结构)。图4示出

具有顶部发射结构的发光装置的截面图。在此情况下,衬底1001可以使用不使光透过的衬底。直到形成连接TFT与发光元件的阳极的连接电极为止的工序与具有底部发射结构的发光装置的工序同样地进行。然后,以覆盖电极1022的方式形成第三层间绝缘膜1037。该绝缘膜也可以具有平坦化的功能。第三层间绝缘膜1037可以使用与第二层间绝缘膜的材料相同的材料形成,并且可以使用其他各种任何材料形成。

[0829] 在此将发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B都用作阳极,但也可以将其用作阴极。另外,在采用如图4所示的具有顶部发射结构的发光装置的情况下,第一电极优选为反射电极。EL层1028以具有与实施方式2所说明的结构相同的方式形成,并且能够得到白色发光。

[0830] 在图3A和图3B以及图4中,通过使用多个发光层或者使用多个发光单元等来能够实现提供白色发光的EL层的结构。注意,提供白色发光的结构不局限于此。

[0831] 在采用如图4所示的顶部发射结构的情况下,可以使用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)的密封衬底1031进行密封。密封衬底1031也可以设置有位于像素与像素之间的黑色层(黑矩阵)1030。着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)、黑色层(黑矩阵)也可以由覆盖层覆盖。另外,作为密封衬底1031使用透光衬底。

[0832] 虽然在此示出了以红色、绿色、蓝色、白色的四个颜色进行全彩色显示的例子,但并不局限于此,也可以以红色、绿色和蓝色的三个颜色或者以红色、绿色、蓝色和黄色的四个颜色进行全彩色显示。

[0833] 本实施方式中的发光装置使用在实施方式3中记载的发光元件(包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物的发光元件),因此发光装置可以具有良好的特性。具体而言,具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物具有大带隙以及高三重激发能级,可以抑制从发光物质的能量转移,因此可以提供在较宽的发光颜色的范围内具有高发光效率的发光元件,因此可以实现耗电量得到降低且演色性良好的发光装置。此外,具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物具有高载流子传输性,而可以得到驱动电压低的发光元件,由此可以得到驱动电压低的发光装置。具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物具有良好的热物性,因此可以实现耐热性高的发光装置。

[0834] 上面说明了有源矩阵型发光装置,下面将说明无源矩阵型发光装置。图5A和图5B示出通过本发明的一个方式的应用制造的无源矩阵型发光装置。图5A是示出发光装置的立体图,并且图5B是沿图5A中的线X-Y切割的截面图。在图5A和图5B中,在衬底951上的电极952与电极956之间设置有EL层955。电极952的端部由绝缘层953覆盖。在绝缘层953上设置有分隔壁层954。分隔壁层954的侧壁以两个侧壁之间的间隔向衬底表面逐渐地变窄的方式倾斜。即,分隔壁层954的短边方向的截面是梯形,底边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向并与绝缘层953接触的边)短于上边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向并不与绝缘层953接触的边)。通过如此设置分隔壁层954,可以防止起因于静电等的发光元件的不良。在无源矩阵型发光装置中,也通过使用以低电压驱动的实施方式3所记载的发光元件

(包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物的发光元件),能够以低耗电量驱动。此外,因为该发光元件包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物,所以通过包括耐热性及发光效率高的发光元件(在实施方式3中记载的发光元件),该发光装置可以具有高耐热性及发光效率。

[0835] 注意,在本说明书等中,可以使用各种任何衬底来形成晶体管或发光元件。衬底的种类不局限于特定的种类。作为该衬底的例子,可以使用半导体衬底(例如,单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、具有不锈钢箔的衬底、钨衬底、具有钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状的材料的纸或者基材薄膜等。作为玻璃衬底的例子,有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等的例子,可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料衬底。另外,例如可以举出丙烯酸树脂等合成树脂。另外,可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯等。另外,可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧树脂、无机蒸镀薄膜、纸类等。尤其是,通过使用半导体衬底、单晶衬底或SOI衬底等,能够制造特性、尺寸或形状等的偏差小、电流能力高且尺寸小的晶体管。当利用上述晶体管构成电路时,可以实现电路的低耗电量化或电路的高集成化。

[0836] 另外,也可以作为衬底使用柔性衬底,并在柔性衬底上直接形成晶体管或发光元件。或者,也可以在衬底与晶体管之间设置剥离层。当在剥离层上制造的半导体装置的一部分或全部从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时,也可以将晶体管转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。作为上述剥离层,例如可以使用钨膜与氧化硅膜的无机膜的叠层或衬底上形成有聚酰亚胺等有机树脂薄膜等。

[0837] 也就是说,也可以使用一个衬底来形成晶体管或发光元件,然后将晶体管或发光元件转置到另一个衬底上。作为晶体管或发光元件被转置的衬底,不仅可以使用上述可以形成晶体管的衬底,还可以使用纸衬底、玻璃纸衬底、芳族聚酰胺薄膜衬底、聚酰亚胺薄膜衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)、再生纤维(醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底以及橡皮衬底等。通过使用上述衬底,可以形成特性良好的晶体管或耗电量低的晶体管,可以制造不易损坏的装置或耐热性高的装置,或者可以实现轻量化或薄型化。

[0838] 上述发光装置都能够控制配置为矩阵状的微小的多个发光元件的每一个,所以该发光装置可以适用于显示图像的显示装置。

[0839] 本实施方式可以与其他任何实施方式适当地组合。

[0840] 实施方式6

[0841] 在本实施方式中,对都包括实施方式3所示的发光元件的电子设备进行说明。实施方式3所记载的发光元件包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的本发明的一个方式的化合物,因此是耗电量得到降低的发光元件,其结果是,本实施方式所记载的电子设备可以是都包括耗电量得到降低的显示部的电子设备。另外,因为实施方式3所记载的发光元件是驱动电压较低的发光元件,所以可以实现驱动电压较低的电子设备。另外,因为实施方式3所记载的发光元件

是热物性良好的发光元件,所以可以实现耐热性高的电子设备。

[0842] 作为适用上述发光元件的电子设备,可以例如举出电视装置(也称为电视机或电视接收机)、用于计算机等的显示器、数码相机和数码成像机等相机、数码相框、移动电话机(也称为移动电话、移动电话装置)、便携式游戏机、便携式信息终端、声音再现装置、弹珠机等大型游戏机等。以下,示出这些电子设备的具体例子。

[0843] 图6A示出电视装置的一个例子。在电视装置中,框体7101中组装有显示部7103。另外,在此利用支架7105支撑框体7101。显示部7103可以显示图像包括与实施方式3所示的发光元件相同的排列为矩阵状的发光元件。因为该发光元件都包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物,所以可以具有高发光效率及低驱动电压。因此,包括由该发光元件构成的显示部7103的电视装置可以具有降低了的耗电量及低驱动电压。

[0844] 可以通过利用框体7101所具备的操作开关或另行提供的遥控操作机7110进行电视装置的操作。通过利用遥控操作机7110所具备的操作键7109,可以控制频道及音量,由此可以控制显示在显示部7103上的图像。另外,也可以在遥控操作机7110中设置用来显示从该遥控操作机7110输出的数据的显示部7107。

[0845] 另外,电视装置具备接收机、调制解调器等。可以通过使用接收机接收一般的电视广播。再者,通过调制解调器将电视装置连接到有线或无线方式的通信网络,能够进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者之间等)的信息通信。

[0846] 图6B示出计算机,该计算机包括主体7201、框体7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。另外,该计算机通过使用与实施方式3所示的发光元件相同的排列为矩阵状并用于显示部7203的发光元件而制造。因为该发光元件各包含本发明的一个方式的化合物,所以可以具有高发光效率及低驱动电压。因此,包括由该发光元件构成的显示部7203的计算机可以具有降低了的耗电量及低驱动电压。

[0847] 图6C示出便携式游戏机,该便携式游戏机由框体7301和框体7302的两个框体构成,并且以可以开闭地连接的方式与连结部7303连接。框体7301中组装有包括与实施方式3相同的排列为矩阵状的发光元件的显示部7304,并且框体7302中组装有显示部7305。另外,图6C所示的便携式游戏机还具备扬声器部分7306、记录介质插入部分7307、LED灯7308、输入单元(操作键7309、连接端子7310、传感器7311(具有测量如下因素的功能的传感器:力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、转动数、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、斜率、振动、气味或红外线)、麦克风7312)等。当然,便携式游戏机的结构不局限于上述结构,只要作为显示部7304和显示部7305中的至少一方或双方使用包括与实施方式3相同的排列为矩阵状的发光元件的显示部即可,而可以采用适当地设置有其他附属设备的结构。图6C所示的便携式游戏机具有如下功能:读出储存在记录介质中的程序或数据以将其显示在显示部上;以及通过与其他便携式游戏机之间进行无线通信而共享信息。图6C所示的便携式游戏机的功能不局限于此,可以具有各种各样的功能。因为用于显示部7304的发光元件包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹喔啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的本发明的一个方式的化合物而可以具有高发光效率,由此包括上述显示部7304的便携式游戏机可以为耗电量得到降低的便携式游戏机。因为用于显示部7304的发光元件各包含本发明的一个方式的

化合物而可以以较低的驱动电压驱动,由此便携式游戏机也可以为驱动电压低的便携式游戏机。

[0848] 图6D示出移动电话机的一个例子。移动电话机具备组装在框体7401中的显示部7402、操作按钮7403、外部连接端口7404、扬声器7405、麦克风7406等。另外,移动电话机具有包括与实施方式3所示的发光元件相同的排列为矩阵状的发光元件的显示部7402。因为该发光元件各包含本发明的一个方式的化合物,所以可以具有高发光效率及低驱动电压。因此,包括由该发光元件构成的显示部7402的移动电话机可以具有降低了的耗电量及低驱动电压。

[0849] 可以通过用手指等触摸图6D所示的移动电话机的显示部7402来对移动电话机输入数据。在此情况下,能够通过用手指等触摸显示部7402来进行打电话和编写电子邮件等的操作。

[0850] 显示部7402主要有三种屏面模式。第一模式是以显示图像为主的显示模式。第二模式是以输入文字等信息为主的输入模式。第三模式是混合显示模式和输入模式的两个模式的显示输入模式。

[0851] 例如,在打电话或编写电子邮件的情况下,可以采用将显示部7402主要用于输入文字的文字输入模式而输入在屏幕上显示的文字。在此情况下,优选在显示部7402的屏面上的大部分上显示键盘或号码按钮。

[0852] 通过在移动电话机内部设置具有陀螺仪或加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置,可以判断移动电话机的方向(移动电话机是纵向或横向放置以用于景观模式或肖像模式)而自动切换显示部7402的屏面显示。

[0853] 通过触摸显示部7402或对框体7401的操作按钮7403进行操作,来切换屏面模式。可以根据显示在显示部7402上的图像的种类切换屏面模式。例如,当显示在显示部上的图像的信号为动态图像数据的信号时,将屏面模式切换成显示模式。当该信号为文字数据的信号时,将屏面模式切换成输入模式。

[0854] 另外,当在输入模式中通过检测显示部7402的光传感器所检测的信号而在一定期间内没有进行显示部7402的触摸输入时,也可以将屏面模式控制为从输入模式切换成显示模式。

[0855] 显示部7402也可以被用作图像传感器。例如,通过用手掌或手指触摸显示部7402,来拍摄掌纹、指纹等的图像,能够进行个人识别。另外,通过在显示部中使用发射近红外光的背光源或感测用光源,也能够拍摄手指静脉、手掌静脉等的图像。

[0856] 注意,本实施方式所示的结构可以适当地组合实施方式1至实施方式4所示的任何结构。

[0857] 如上所述,包括在实施方式3中说明的包含本发明的一个方式的化合物的发光元件的发光装置的适用范围宽,由此可以将该发光装置应用于各种领域的电子设备。通过使用该化合物,可以得到具有降低了的耗电量及低驱动电压的电子设备。

[0858] 另外,包含本发明的一个方式的化合物的发光元件可以用于光源装置。参照图7说明一个方式。注意,光源装置包括作为光照射单元的包含本发明的一个方式的化合物的发光元件并至少包括对该发光元件供应电流的输入输出端子部。另外,该发光元件优选通过密封与外部气氛隔绝。

[0859] 图7示出将包含本发明的一个方式的化合物的发光元件用于背光源的液晶显示装置的一个例子。图7所示的液晶显示装置包括框体901、液晶层902、背光源903以及框体904，液晶层902与驱动器IC905连接。在背光源903中使用包含上述化合物的发光元件，并且通过端子906将电流供应到背光源903。

[0860] 通过将包含上述化合物的发光元件用于液晶显示装置的背光源，可以得到耗电量被降低了的背光源。另外，通过使用包含上述化合物的发光元件，能够制造面发射的照明装置，还能够制造大面积化的面发射的照明装置，由此背光源可以为大面积化的背光源，液晶显示装置也可以为大面积化的装置。再者，通过使用包含上述化合物的发光元件的背光源，可以使发光装置的厚度比现有的发光装置小，所以还能够实现显示装置的薄型化。

[0861] 图8示出将包含本发明的一个方式的化合物的发光元件用于作为照明装置的台灯的例子。图8所示的台灯包括框体2001和光源2002，并且作为光源2002使用包含上述杂环化合物的发光元件。

[0862] 图9示出将包含本发明的一个方式的化合物的发光元件用于室内的照明装置3001的例子。包含上述化合物的发光元件是耗电量得到降低的发光元件，从而可以实现耗电量得到降低的照明装置。另外，因为包含上述化合物的发光元件能够实现大面积化，所以能够将该发光元件用于大面积的照明装置。另外，因为包含上述化合物的发光元件的厚度小，所以能够制造实现了薄型化的照明装置。此外，图9示出将包含本发明的一个方式的化合物的发光元件用于显示装置3002的例子。

[0863] 还可以将包含本发明的一个方式的化合物的发光元件安装在汽车的挡风玻璃或仪表盘上。图10示出将包含上述杂环化合物的发光元件用于汽车的挡风玻璃及仪表盘的一个方式。显示区域5000至显示区域5005都使用包含上述杂环化合物的发光元件设置。

[0864] 显示区域5000和显示区域5001是设置在汽车的挡风玻璃中的安装有包含上述杂环化合物的发光元件的显示装置。通过使用具有透光性的电极形成第一电极和第二电极，可以将包含上述杂环化合物的发光元件形成为能看到对面一侧的所谓的透视式显示装置。即使将该透视式显示装置设置在汽车的挡风玻璃中，也不妨碍视野。另外，在设置用于驱动该发光元件的晶体管的情况下，优选使用具有透光性的晶体管，诸如使用有机半导体材料的有机晶体管或使用氧化物半导体的晶体管等。

[0865] 显示区域5002是设置在立柱部分的安装有包含上述杂环化合物的发光元件的显示装置。通过在显示区域5002上显示设置在车体中的成像单元所拍摄的图像，可以补充被立柱部分遮挡的视野。同样地，设置在仪表盘部分中的显示区域5003通过显示设置在汽车外侧的成像单元所拍摄的图像，能够弥补被车体遮挡的视野，从而消除死角并提高安全性。通过显示图像以弥补驾驶员看不见的部分，能够使驾驶员更简单且舒适地确认安全。

[0866] 显示区域5004和显示区域5005可以提供导航数据、速度表、转速表、行驶距离、加油量、排档状态以及空调的设定等各种信息。使用者可以适当地改变显示的内容或布置。另外，这些信息也可以显示在显示区域5000至显示区域5003上。另外，也可以将显示区域5000至显示区域5005用作照明装置。

[0867] 通过使用包含具有二苯并噻吩基、二苯并呋喃基或咔唑基、以及二苯并[f,h]喹啉基通过三个以上的亚芳基键合的结构的化合物的发光元件，可以实现热物性良好的发光装置。因此，即使发光装置放置在高温环境下，之后也可以使用该发光装置，因此可以将使

用包含上述化合物的发光元件的发光装置及照明装置都适用于车载用发光装置或照明装置。

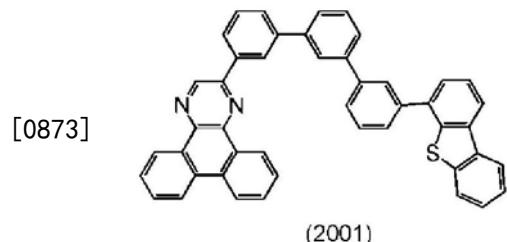
[0868] 可以将本发明的一个方式的化合物用于有机薄膜太阳能电池等电子设备。具体而言,因为该化合物具有载流子传输性,所以可以用于载流子传输层、载流子注入层。该化合物能够光激发,所以可以将其用于发电层。

[0869] 实施例1

[0870] 《合成例1》

[0871] 在本合成例中,说明在实施方式1及实施方式2中说明的杂环化合物2-[3"- (二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtTPDBq-II)(结构式(2001))的合成方法。以下示出2mDBtTPDBq-II的结构式。

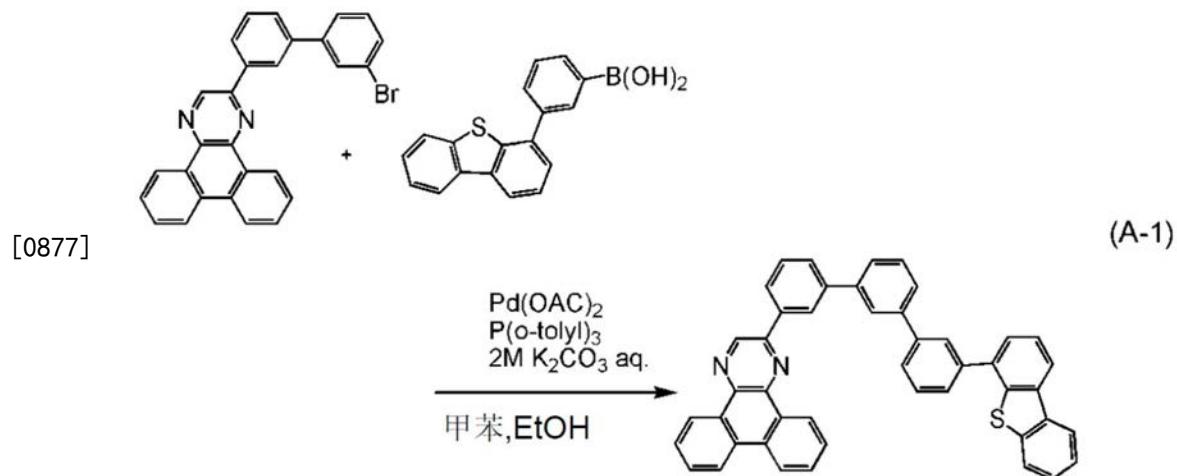
[0872] [化学式230]



[0874] <2-[3"- (二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtTPDBq-II)的合成>

[0875] 将1.5g (3.3mmol) 的2-(3'-溴-3,1'-联苯-1-基)二苯并[f,h]喹喔啉、1.1g (3.5mmol) 的3-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、20mg (65μmol) 的三(2-甲基苯基)膦、20mL的甲苯、5mL的乙醇、5mL的碳酸钾水溶液(2mol/L)倒入100mL三口烧瓶中。在减压下对烧瓶中的这混合物进行脱气,在系统内连续地流过氮气,将该混合物加热到80℃。在加热以后,添加7.0mg (30μmol) 的醋酸钯(II),在相同温度下进行搅拌12小时。在搅拌之后,通过抽滤来收集析出的固体,利用水和乙醇对所得到的固体进行洗涤,由此以78%的收率得到1.6g的目的物的粉末。下述式(A-1)示出本步骤的合成方案。

[0876] [化学式231]



[0878] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法(¹H NMR),下面示出分析结果。

[0879] ¹H NMR(氯仿-d, 500MHz): δ=7.38-7.45(m, 2H)、7.59(d, J=4.5Hz, 2H)、7.64-

7.85 (m, 13H)、8.07 (s, 1H)、8.13 (s, 1H)、8.17-8.20 (m, 2H)、8.34 (d, J=8.0Hz, 1H)、8.64-8.67 (m, 3H)、9.24 (d, J=8.0Hz, 1H)、9.41 (d, J=8.0Hz, 1H)、9.47 (s, 1H)

[0880] 图11A和图11B示出¹H NMR谱。注意,图11B是图11A中的7.4ppm至9.6ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物2mDBtTPDBq-II。

[0881] 通过利用梯度升华方法对所得到的1.6g的固体进行纯化。在升华纯化中,在压力为2.9Pa且氩流速为15mL/min的条件下,以340℃加热固体15小时,由此以64%的回收率得到1.1g的固体。

[0882] 《2-[3”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtTPDBq-II)的物性》

[0883] 图12和图13分别示出2mDBtTPDBq-II的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱。图14和图15分别示出2mDBtTPDBq-II的薄膜的吸收光谱和发射光谱。使用紫外可见分光光度计(由日本分光株式会社制造,V550型)测量吸收光谱。使用荧光分光光度计(由日本滨松光子学株式会社制造,FS920)测量发射光谱。通过将2mDBtTPDBq-II的甲苯溶液放在石英皿,测量出甲苯溶液的光谱。将2mDBtTPDBq-II蒸镀而沉积于石英衬底而制造样品来测量出2mDBtTPDBq-II的薄膜的光谱。注意,图示的甲苯溶液的吸收光谱是从测量出的光谱减去石英皿和甲苯的吸收光谱来得到的吸收光谱,图示的薄膜的吸收光谱是从测量出的光谱减去石英衬底的吸收光谱来得到的吸收光谱。

[0884] 由图12可知,2mDBtTPDBq-II的甲苯溶液在374nm、362nm、333nm、及321nm附近呈现吸收峰值,由图13可知,发光波长的峰值呈现在384nm及403nm(激发波长:378nm)。由图14可知,2mDBtTPDBq-II的薄膜在252nm、294nm、323nm、338nm、368nm及384nm附近呈现吸收峰值,由图15可知,发光波长的峰值呈现在421nm附近(激发波长:321nm)。确认到2mDBtTPDBq-II发射蓝紫色光。本发明的一个方式的化合物可以被用作发光物质的主体材料或者可见区域的荧光发光物质的主体材料。

[0885] 测量出2mDBtTPDBq-II的磷光。在该测量中,使用显微PL装置LabRAM HR-PL(日本株式会社堀场制作所制造),作为激发光使用He-Cd激光(325nm),作为检测器使用CCD检测器,并且将测量温度设定为10K。为了进行测量,在石英衬底上形成大约50nm厚的样品的薄膜,并且在氮气氛中对该石英衬底的沉积面贴合其他石英衬底。图16示出所得到的磷光光谱。由该结果可知,在2mDBtTPDBq-II的磷光光谱中最短波长一侧的峰值存在于514nm,这意味着2mDBtTPDBq-II具有高T₁能级。可知2mDBtTPDBq-II的薄膜在大气下也不容易凝集,形态变化小,具有良好的膜品质。

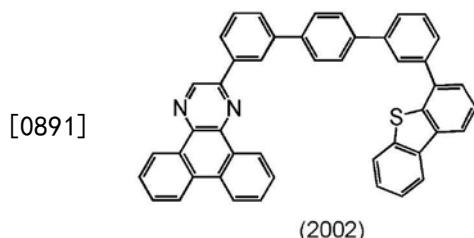
[0886] 利用循环伏安(CV)测量调查出氧化还原反应特性。在测量中,使用电化学分析仪(BAS株式会社制造,型号:ALS型600A或600C)。在测量溶液中,使用脱水二甲基甲酰胺(DMF)的溶剂,使作为支持电解质的高氯酸四正丁铵(n-Bu₄NC1O₄)以100mmol/L的浓度溶解,还使测量对象以2mmol/L的浓度溶解。另外,作为工作电极使用铂电极(BAS株式会社制造,PTE铂电极),作为辅助电极使用铂电极(BAS株式会社制造,VC-3用Pt对电极(5cm)),作为参考电极使用Ag/Ag⁺电极(BAS株式会社制造,RE7非水溶剂型参考电极)。在所有测量中将扫描速度设定为0.1V/sec。其结果是,氧化电位为-6.19eV,还原电位为-2.94eV。当将氧化电位看作HOMO能级且将还原电位看作LUMO能级时,将HOMO能级和LUMO能级之间的带隙估计为3.25eV,这意味着2mDBtTPDBq-II具有较宽的带隙。

[0887] 实施例2

[0888] 《合成例2》

[0889] 在本合成例中,说明在实施方式1及实施方式2中说明的杂环化合物2-[3”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':4',1”-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq)(结构式(2002))的合成方法。以下示出2DBtTPDBq的结构式。

[0890] [化学式232]



[0892] <4-(4'-溴-3,1'-联苯-1-基)二苯并噻吩的合成>

[0893] 将3.0g(9.8mmol)的3-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、2.8g(2.8mmol)的4-溴碘苯、0.15g(0.49mmol)的三(2-甲基苯基)膦、50mL的甲苯、5mL的乙醇、15mL的碳酸钾水溶液(2mol/L)倒入200mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气,在系统内连续地流过氮气。将该混合物加热到80℃。之后,添加40mg(0.18mmol)的醋酸钯(II),在相同温度下进行搅拌10小时。在搅拌之后,使用甲苯对混合物的水层进行萃取三次,混合萃取液和有机层,使用饱和食盐水对该混合物进行洗涤,并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,然后浓缩所得到的滤液,而得到褐色油状物。利用硅胶柱层析法(展开溶剂:己烷)对所得到的油状物进行纯化,利用氯仿/己烷进行再结晶,而以60%的收率得到2.5g的目的物的白色粉末。下述(B-1)示出本步骤的合成方案。

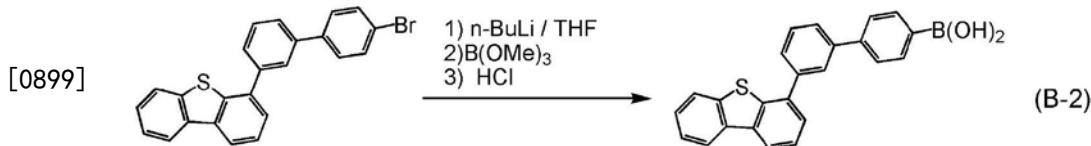
[0894] [化学式233]



[0896] <3'-(二苯并噻吩-4-基)-4,1'-联苯硼酸的合成>

[0897] 将2.8g(6.7mmol)的通过上述式(B-1)所示的步骤合成的4-(4'-溴-3,1'-联苯-1-基)二苯并噻吩倒入300mL三口烧瓶中。在系统内连续地流过氮气,然后添加70mL的脱水四氢呋喃。将该溶液冷却到-78℃,使用注射器将5mL(8.0mmol)的正丁基锂己烷溶液(1.6mol/L)滴下,在滴下后,在相同温度下进行搅拌1.5小时。在搅拌之后,在相同温度下添加1mL(8.9mmol)的硼酸三甲酯,在室温下对所得到的溶液进行搅拌19小时。在搅拌后添加30mL的盐酸(1mol/L),使用乙酸乙酯对该混合物的水层进行萃取。混合所得到的萃取液和有机层,使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水对该混合物进行洗涤,并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,而得到淡黄色固体。利用氯仿/己烷对所得到的固体进行洗涤,由此以75%的收率得到1.9g的目的物的粉末。下述(B-2)示出本步骤的合成方案。

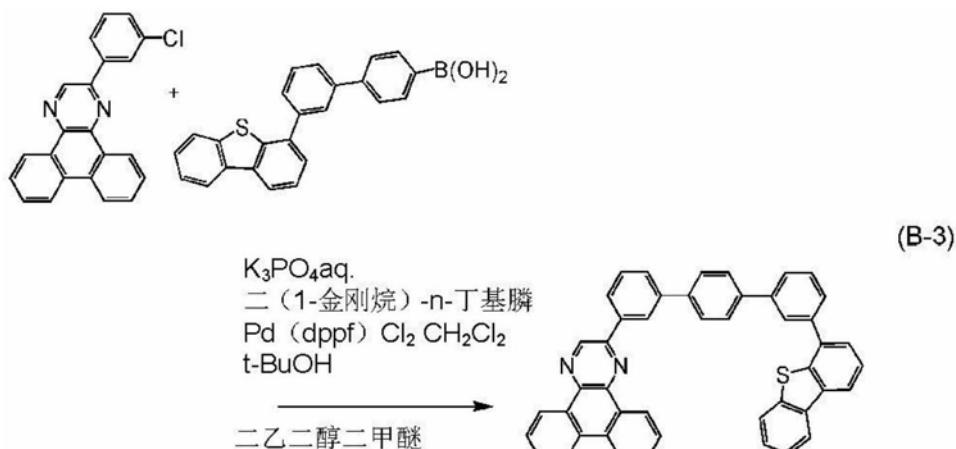
[0898] [化学式234]



[0900] <2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':4',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]噻吩(简称:2DBtTPDBq)的合成方法>

[0901] 将1.7g (5.0mmol) 的2-(3-氯苯基)二苯并[f,h]噻吩、1.9g (5.0mmol) 的通过上述式(B-2)所示的步骤合成的3'-(二苯并噻吩-4-基)-4,1'-联苯硼酸、3.2g (15mmol) 的磷酸三钾、0.10g (0.28mmol) 的二(1-金刚烷)-n-丁基膦、2mL的叔丁醇、25mL的二乙二醇二甲醚倒入100mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气,然后在系统内连续地流过氮气。在将该混合物加热到140℃之后,添加30mg (40μmol) 的[1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁]二氯化钯(II),在相同温度下进行搅拌3.5小时。在搅拌之后,通过抽滤收集所析出的固体,使用乙醇和水对所得到的固体进行洗涤。使用氯仿对所得到的固体进行热过滤且浓缩滤液,由此以63%的收率得到2.0g的目的物的固体。下述(B-3)示出本步骤的合成方案。

[0902] [化学式235]



[0904] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法(¹H NMR),下面示出分析结果。

[0905] ¹H NMR (四氯乙烷-d₂, 500MHz): δ = 7.53-7.55 (m, 2H)、7.65-7.66 (m, 2H)、7.69 (t, J = 8.0Hz, 1H)、7.76 (t, J = 8.0Hz, 1H)、7.80-7.93 (m, 12H)、8.14 (s, 1H)、8.23-8.27 (m, 2H)、8.38 (d, J = 8.0Hz, 1H)、8.70-8.72 (m, 3H)、9.33 (d, J = 8.0Hz, 1H)、9.49 (d, J = 8.0Hz, 1H)、9.53 (s, 1H)

[0906] 图17A和图17B示出¹H NMR谱。注意,图17B是图17A中的7.4ppm至9.6ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物2DBtTPDBq。

[0907] 通过利用梯度升华方法对所得到的2.0g的固体进行纯化。在升华纯化中,在压力为2.9Pa且氩流速为15mL/min的条件下,以340℃加热固体14小时。在纯化之后,以60%的回收率得到目的物的1.2g的粉末。

[0908] <2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':4',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]噻吩(简称:2DBtTPDBq)的物性>

[0909] 图18和图19分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法测量的2DBtTPDBq的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱。图20和图21分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量

方法测量的2DBtTPDBq的薄膜的吸收光谱和发射光谱。

[0910] 由图18可知,2DBtTPDBq的甲苯溶液在361nm、332nm及282nm附近呈现吸收峰值,由图19可知,发光波长的峰值呈现在385nm及405nm(激发波长:357nm)。由图20可知,2DBtTPDBq的薄膜在210nm、249nm、269nm、293nm、319nm、339nm、368nm及384nm附近呈现吸收峰值,由图21可知,发光波长的峰值呈现在423nm附近(激发波长:385nm)。确认到2DBtTPDBq发射蓝紫色光。本发明的一个方式的化合物可以被用作发光物质的主体材料或者可见区域的荧光发光物质的主体材料。

[0911] 利用与2mDBtTPDBq-II相同的方法测量出2DBtTPDBq的磷光。图22示出所得到的磷光光谱。由该结果可知，在2DBtTPDBq的磷光光谱中最短波长一侧的峰值存在于517nm，这意味着2DBtTPDBq具有高T₁能级。可知2DBtTPDBq的薄膜在大气下也不容易凝集，形态变化小，具有良好的膜品质。

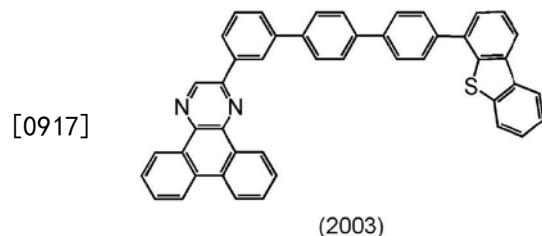
[0912] 利用循环伏安(CV)测量调查出氧化还原反应特性。利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法进行测量。其结果是,观察不到氧化电位,还原电位为-2.99eV。

[0913] 实施例3

[0914] 《合成例3》

[0915] 在本合成例中,说明在实施方式1及实施方式2中说明的杂环化合物2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':4',1”-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq-03)(结构式(2003))的合成方法。以下示出2DBtTPDBq-03的结构式。

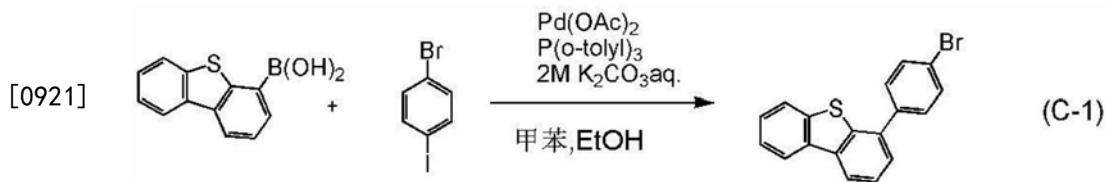
[0916] 「化学式236」



[0918] <4-(4-溴苯基)二苯并噻吩的合成>

[0919] 将5.0g (22mmol) 的二苯并噻吩-4-基硼酸 (ylboronic acid)、6.2g (22mmol) 的4-溴碘苯、0.31g (1.0mmol) 的三(2-甲基苯基)膦、110mL的甲苯、10mL的乙醇、30mL的碳酸钾水溶液 (2mol/L) 倒入300mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气，然后在系统内连续地流过氮气。将所得到的混合物加热到80℃。然后，添加100mg (0.44mmol) 的醋酸钯 (II)，进行搅拌11小时。在搅拌之后，使用甲苯对该混合物的水层进行萃取，混合萃取液和有机层，使用饱和食盐水对该混合物进行洗涤，并使用无水硫酸镁进行干燥。对该混合物进行重力过滤，然后浓缩所得到的滤液，而得到褐色固体。利用硅胶柱层析法 (展开溶剂:己烷) 对所得到的固体进行纯化，然后利用己烷/氯仿进行再结晶，而以74%的收率得到5.5g的目的物的白色固体。下述 (C-1) 示出本步骤的合成方案。

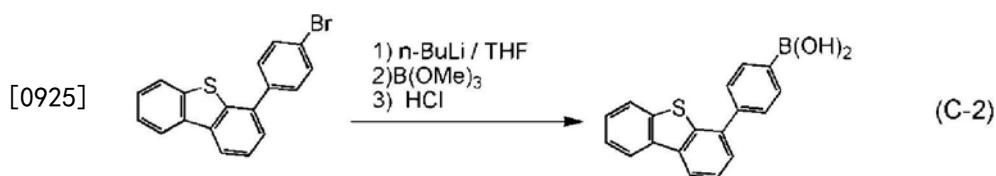
[0920] [化学式237]



[0922] <4- (二苯并噻吩-4-基) 苯硼酸的合成>

[0923] 将6.7g (20mmol) 的通过上述式 (C-1) 所示的步骤合成的4- (4-溴苯基) 二苯并噻吩倒入300mL三口烧瓶中。在系统内连续地流过氮气，然后添加200mL的脱水四氢呋喃。将该溶液冷却到-78℃，使用注射器将15mL (24.0mmol) 的正丁基锂己烷溶液 (1.6mol/L) 滴下，在滴下后，在相同温度下进行搅拌1.5小时。在搅拌之后，在相同温度下添加3mL (26.8mmol) 的硼酸三甲酯，在室温下对所得到的溶液进行搅拌20小时。在搅拌后添加90mL的盐酸 (1mol/L)，然后使用乙酸乙酯对该混合物的水层进行萃取。混合所得到的萃取液和有机层，使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水对该混合物进行洗涤，并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤，浓缩所得到的滤液，而得到淡黄色固体。利用氯仿/己烷对所得到的固体进行洗涤，由此以77%的收率得到4.0g的目的物的白色固体。下述 (C-2) 示出本步骤的合成方案。

[0924] [化学式238]



[0926] <4- (4' -溴-4,1' -联苯-1-基) 二苯并噻吩的合成>

[0927] 将通过上述式 (C-1) 所示的步骤合成的3.7g (12mmol) 的4- (二苯并噻吩-4-基) 苯基硼酸、3.4g (12mmol) 的4-溴碘苯、0.20g (0.65mmol) 的三 (2-甲基苯基) 脍、20mL的碳酸钾水溶液 (2mol/L)、60mL的甲苯、6mL的乙醇倒入200mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气，然后在系统内连续地流过氮气。将所得到的混合物加热到80℃，添加30mg (0.13mmol) 的醋酸钯 (II)，在相同温度下进行搅拌7小时。在搅拌之后，使用氯仿对混合物的水层进行萃取，混合萃取液和有机层，使用饱和食盐水对该混合物进行洗涤，并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤，然后浓缩所得到的滤液，而得到固体。利用硅胶柱层析法 (展开溶剂: 氯仿) 对所得到的固体进行纯化，接着利用氯仿/己烷进行再结晶，而以66%的收率得到3.3g的目的物的固体。下述 (C-3) 示出本步骤的合成方案。

[0928] [化学式239]

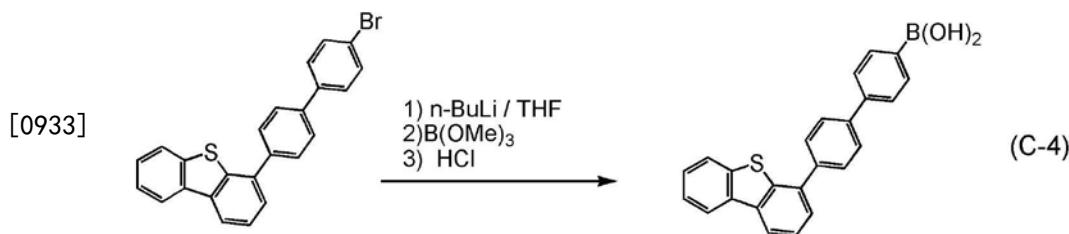


[0930] <4' - (二苯并噻吩-4-基)-4,1' -联苯硼酸的合成>

[0931] 将3.3g (7.9mmol) 的通过上述式 (C-3) 所示的步骤合成的4- (4' -溴-4,1' -联苯-1-基) 二苯并噻吩倒入200mL三口烧瓶中。在系统内连续地流过氮气，然后添加80mL的脱水四

氢呋喃。将该溶液冷却到-78℃，使用注射器将5.5mL(8.8mmol)的正丁基锂己烷溶液(1.6mol/L)滴下，在滴下后，在相同温度下进行搅拌1.5小时。在搅拌之后，在相同温度下添加1.1mL(9.8mmol)的硼酸三甲酯，在室温下对所得到的溶液进行搅拌20小时。在搅拌后添加30mL的盐酸(1mol/L)，然后使用乙酸乙酯对该混合物的水层进行萃取。混合所得到的萃取液和有机层，使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水对该混合物进行洗涤，并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤，浓缩所得到的滤液，而得到淡黄色固体。利用氯仿/己烷对所得到的固体进行洗涤，由此以83%的收率得到2.5g的目的物的白色固体。下述(C-4)示出本步骤的合成方案。

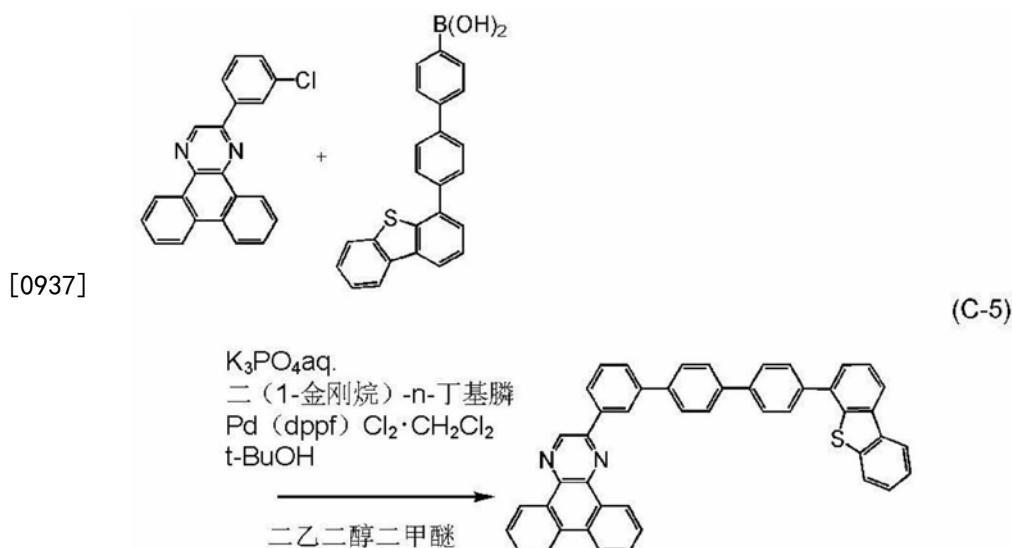
[0932] [化学式240]



[0934] <2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':4',1”-三联苯-1-基]二苯并[f,h]噻吩(简称:2DBtTPDBq-03)的合成方法>

[0935] 将2.3g(6.7mmol)的2-(3-氯苯基)二苯并[f,h]噻吩、2.5g(6.5mmol)的通过上述式(C-4)所示的步骤合成的4'-(二苯并噻吩-4-基)-4,1'-联苯硼酸、4.1g(20mmol)的磷酸三钾、0.12g(0.34mmol)的二(1-金刚烷)-n-丁基膦、2mL的叔丁醇、30mL的二乙二醇二甲醚倒入200mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气，然后在烧瓶内连续地流过氮气。在将该混合物加热到140℃之后，添加10mg(65μmol)的醋酸钯(II)，在相同温度下进行搅拌5小时。在搅拌之后，通过抽滤收集所析出的固体，使用水和乙醇对所得到的固体进行洗涤。在洗涤之后，使用氯仿对所得到的固体进行热过滤且浓缩滤液，由此得到2.0g的淡黑色固体。下述(C-5)示出本步骤的合成方案。

[0936] [化学式241]



[0938] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法($^1\text{H NMR}$)，下面示出分析结果。

[0939] $^1\text{H NMR}$ (氯仿-d, 500MHz): $\delta = 7.49\text{--}7.51(\text{m}, 2\text{H})$ 、 $7.57\text{--}7.63(\text{m}, 2\text{H})$ 、 $7.73(\text{t}, \text{J}=$

8.0Hz, 1H)、7.78-7.91 (m, 14H)、8.19-8.23 (m, 2H)、8.35 (d, J=8.0Hz, 1H)、8.67-8.69 (m, 3H)、9.27 (d, J=8.0Hz, 1H)、9.47 (d, J=8.0Hz, 1H)、9.49 (s, 1H)

[0940] 图23A和图23B示出¹H NMR谱。注意,图23B是图23A中的7.4ppm至9.6ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物2DBtTPDBq-03。

[0941] 通过利用梯度升华方法对所得到的2.0g的固体进行纯化。在升华纯化中,在压力为3.4Pa且氩流速为15mL/min的条件下,以365℃加热固体14.5小时。在纯化之后,以71%的回收率得到1.4g的粉末。

[0942] 《2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':4',1”-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq-03)的物性》

[0943] 图24和图25分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法测量的2DBtTPDBq-03的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱。图26和图27分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法测量的2DBtTPDBq-03的薄膜的吸收光谱和发射光谱。

[0944] 由图24可知,2DBtTPDBq-03的甲苯溶液在294nm、304nm、361nm及374nm附近呈现吸收峰值,由图25可知,发光波长的峰值呈现在378nm及405nm(激发波长:360nm)。由图26可知,2DBtTPDBq-03的薄膜在242nm、266nm、299nm、314nm、346nm、368nm及383nm附近呈现吸收峰值,由图27可知,发光波长的峰值呈现在436nm附近(激发波长:383nm)。确认到2DBtTPDBq-03发射蓝紫色光。本发明的一个方式的化合物可以被用作发光物质的主体材料或者可见区域的荧光发光物质的主体材料。

[0945] 利用与2mDBtTPDBq-II相同的方法测量出2DBtTPDBq-03的磷光。图28示出所得到的磷光光谱。由该结果可知,在2DBtTPDBq-03的磷光光谱中最短波长一侧的峰值存在于545nm,这意味着2DBtTPDBq-03具有高T₁能级。可知2DBtTPDBq-03的薄膜在大气下也不容易凝集,形态变化小,具有良好的膜品质。

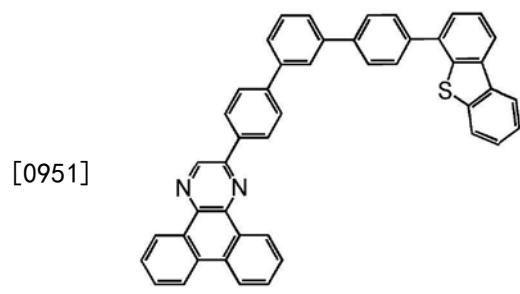
[0946] 利用循环伏安(CV)测量调查出氧化还原反应特性。利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法进行测量。其结果是,氧化电位为-6.15eV,还原电位为-2.95eV。当将氧化电位看作HOMO能级且将还原电位看作LUMO能级时,将HOMO能级和LUMO能级之间的带隙估计为3.20eV,这意味着2DBtTPDBq-03具有较宽的带隙。

[0947] 实施例4

[0948] 《合成例4》

[0949] 在本合成例中,说明在实施方式1及实施方式2中说明的杂环化合物2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-4,1':3',1”-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq-02)(结构式(2004))的合成方法。以下示出2DBtTPDBq-02的结构式。

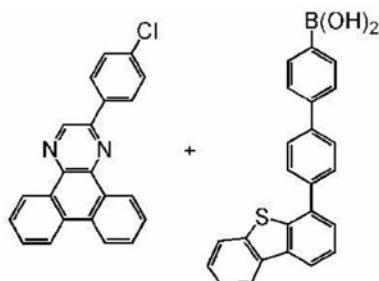
[0950] [化学式242]



[0952] <2-[4"- (二苯并噻吩-4-基)-4,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]噻吩(简称:2DBtTPDBq-02)的合成方法>

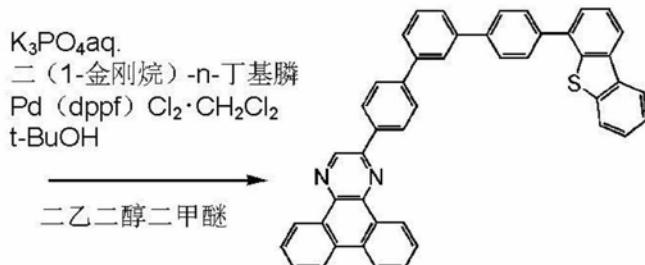
[0953] 1.2g (3.5mmol) 的 2-(4-氯苯基) 二苯并[f,h] 喹喔啉、1.1g (3.4mmol) 的在上述实施例中说明其合成方法的 4'-(二苯并噻吩-4-基)-4,1'-联苯硼酸、2.1g (9.9mmol) 的磷酸三钾、80mg (0.22mmol) 的二(1-金刚烷)-n-丁基膦、1mL 的叔丁醇、15mL 的二乙二醇二甲醚倒入 200mL 三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气，然后在系统内连续地流过氮气。然后，将该混合物加热到 140°C，添加 20mg (80μmol) 的醋酸钯 (II)，然后进行搅拌 7 小时。在搅拌之后，将混合物冷却到室温，然后添加 10mL 的二乙二醇二甲醚。然后，添加 30mg (40μmol) 的 [1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁] 二氯化钯 (II)，以 140°C 对该混合物进行搅拌 5.5 小时。在搅拌之后，通过抽滤来收集所析出的固体，使用水和乙醇进行洗涤。使用氯仿对所得到的固体进行热过滤且浓缩滤液，由此以 58% 的收率得到 1.3g 的目的物的固体。下述 (D-1) 示出本步骤的合成方案。

[0954] [化学式243]



[0955]

(D-1)



[0956] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法 (^1H NMR)，下面示出分析结果。

[0957] ^1H NMR (四氯乙烷- d_2 , 500MHz) : $\delta = 7.50\text{-}7.54\text{ (m, 2H)}$ 、 $7.61\text{-}7.68\text{ (m, 3H)}$ 、 $7.77\text{-}7.93\text{ (m, 11H)}$ 、 $7.99\text{ (d, }J=8.0\text{Hz, 2H)}$ 、 8.06 (s, 1H) 、 $8.21\text{-}8.25\text{ (m, 2H)}$ 、 $8.52\text{ (d, }J=8.0\text{Hz, 2H)}$ 、 $8.70\text{ (d, }J=8.0\text{Hz, 2H)}$ 、 $9.26\text{ (d, }J=8.0\text{Hz, 1H)}$ 、 $9.47\text{ (d, }J=8.0\text{Hz, 1H)}$ 、 9.50 (s, 1H)

[0958] 图29A和图29B示出 ^1H NMR谱。图29B是图29A中的7.4ppm至9.6ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物2DBtTPDBq-02。

[0959] 通过利用梯度升华方法对所得到的1.3g的固体进行纯化。在升华纯化中，在压力为2.9Pa且氩流速为15mL/min的条件下，以350°C加热固体14.5小时。在纯化之后，以60%的回收率得到0.75g的目的物的固体。

[0960] 《2-[4'-(二苯并噻吩-4-基)-4,1'-3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]噻吩(简称:2DBtTPDBq-02)的物性》

[0961] 图30和图31分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法测量的2DBtTPDBq-02的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱。图32和图33分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的测

量方法测量的2DBtTPDBq-02的薄膜的吸收光谱和发射光谱。

[0962] 由图30可知,2DBtTPDBq-02的甲苯溶液在281nm、311nm、368nm、及378nm附近呈现吸收峰值,由图31可知,发光波长的峰值呈现在386nm及405nm(激发波长:360nm)。由图32可知,2DBtTPDBq-02的薄膜在209nm、242nm、263nm、272nm、316nm、338nm、377nm及389nm附近呈现吸收峰值,由图33可知,发光波长的峰值呈现在450nm及439nm附近(激发波长:439nm)。确认到2DBtTPDBq-02发射蓝色光。本发明的一个方式的化合物可以被用作发光物质的主体材料或者可见区域的荧光发光物质的主体材料。

[0963] 利用与2mDBtTPDBq-II相同的方法测量出2DBtTPDBq-02的磷光。图34示出所得到的磷光光谱。由该结果可知,在2DBtTPDBq-02的磷光光谱中最短波长一侧的峰值存在于545nm,这意味着2DBtTPDBq-02具有高T₁能级。可知2DBtTPDBq-02的薄膜在大气下也不容易凝集,形态变化小,具有良好的膜品质。

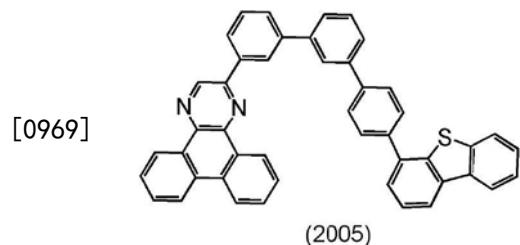
[0964] 利用循环伏安(CV)测量调查出氧化还原反应特性。利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法进行测量。其结果是,氧化电位为-6.15eV,还原电位为-2.94eV。当将氧化电位看作HOMO能级且将还原电位看作LUMO能级时,将HOMO能级和LUMO能级之间的带隙估计为3.19eV,这意味着2DBtTPDBq-02具有较宽的带隙。

[0965] 实施例5

[0966] 《合成例5》

[0967] 在本合成例中,说明在实施方式1及实施方式2中说明的杂环化合物2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq-04)(结构式(2005))的合成方法。以下示出2DBtTPDBq-04的结构式。

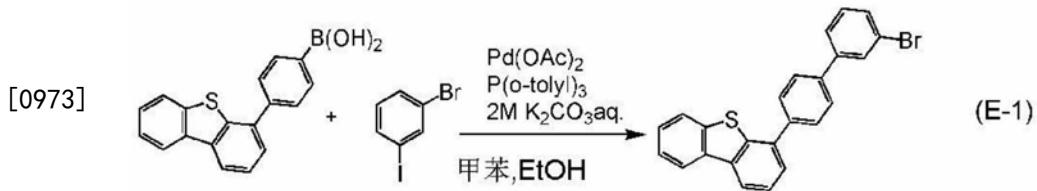
[0968] [化学式244]



[0970] <4-(3'-溴-4,1'-联苯-1-基)二苯并噻吩的合成>

[0971] 将3.9g(13mmol)的在上述实施例中说明其合成方法的4-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、3.6g(13mmol)的3-溴碘苯、0.20g(0.65mmol)的三(2-甲基苯基)膦、20mL的碳酸钾水溶液(2mol/L)、64mL的甲苯、6mL的乙醇倒入200mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气,然后在系统内连续地流过氮气。将所得到的混合物加热到80℃。之后,添加30mg(0.13mmol)的醋酸钯(II),在相同温度下进行搅拌6小时。在搅拌之后,使用氯仿对混合物的水层进行萃取,混合萃取液和有机层,使用饱和食盐水对该混合物进行洗涤,并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,然后浓缩所得到的滤液,而得到固体。利用硅胶柱层析法(展开溶剂:氯仿)对所得到的固体进行纯化,然后利用氯仿/己烷进行再结晶,而以71%的收率得到3.8g的目的物的固体。下述(E-1)示出本步骤的合成方案。

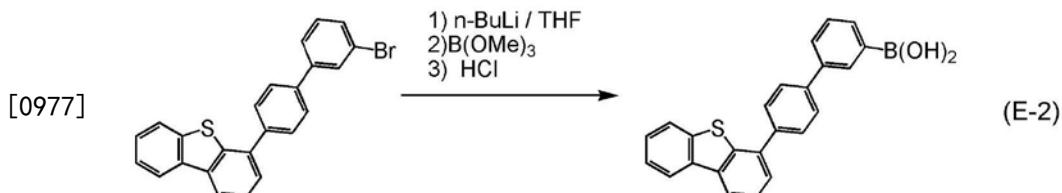
[0972] [化学式245]



[0974] <4' - (二苯并噻吩-4-基) -3,1' -联苯硼酸的合成>

[0975] 将3.7g (8.9mmol) 的通过上述式 (E-1) 所示的步骤合成的4- (3' -溴-4,1' -联苯-1-基) 二苯并噻吩倒入200mL三口烧瓶中。在系统内连续地流过氮气, 然后添加90mL的脱水四氢呋喃。将该溶液冷却到-78℃, 使用注射器将6.1mL (8.9mmol) 的正丁基锂己烷溶液 (1.6mol/L) 滴下, 在滴下后, 在相同温度下进行搅拌1.5小时。在搅拌之后, 在相同温度下添加1.2mL (11mmol) 的硼酸三甲酯, 在室温下对所得到的溶液进行搅拌20小时。在搅拌后添加30mL的盐酸 (1mol/L), 使用乙酸乙酯对该混合物的水层进行萃取。混合所得到的萃取液和有机层, 使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水对该混合物进行洗涤, 并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤, 浓缩所得到的滤液, 而得到淡黄色固体。利用氯仿/己烷对所得到的固体进行洗涤, 由此以78%的收率得到2.6g的目的物的白色固体。下述 (E-2) 示出本步骤的合成方案。

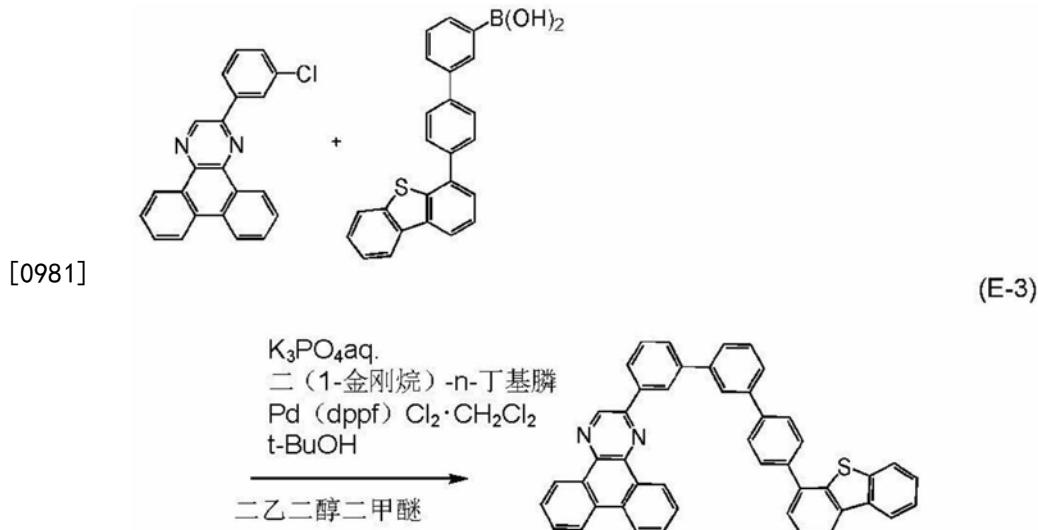
[0976] [化学式246]



[0978] <2-[4" - (二苯并噻吩-4-基) -3,1' :3' ,1" -三联苯-1-基] 二苯并[f,h] 噻吩 (简称: 2DBtTPDBq-04) 的合成>

[0979] 将1.2g (3.5mmol) 的2- (3-氯苯基) 二苯并[f,h] 噻吩、1.1g (3.4mmol) 的通过上述式 (E-2) 所示的步骤合成的4' - (二苯并噻吩-4-基) -3,1' -联苯硼酸、2.1g (9.9mmol) 的磷酸三钾、70mg (0.20mmol) 的二(1-金刚烷)-n-丁基膦、1mL (11mmol) 的叔丁醇、15mL的二乙二醇二甲醚倒入200mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气, 然后在系统内连续地流过氮气。然后, 对该混合物添加30mg (40μmol) 的[1,1' -双(二苯基膦基) 二茂铁] 二氯化钯 (II), 以140℃对该混合物进行搅拌4.5小时。在搅拌之后, 通过抽滤收集所析出的固体, 使用水和乙醇进行洗涤来得到固体。使用氯仿对所得到的固体进行热过滤且浓缩滤液, 由此以59%的收率得到1.3g的目的物的固体。下述 (E-3) 示出本步骤的合成方案。

[0980] [化学式247]



[0982] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法(¹H NMR)，下面示出分析结果。

[0983] ¹H NMR(氯仿-d, 500MHz): δ=7.47-7.49(m, 2H)、7.56-7.61(m, 2H)、7.66(t, J=8.0Hz, 1H)、7.72-7.88(m, 13H)、8.05(s, 1H)、8.18-8.22(m, 2H)、8.37(d, J=8.0Hz, 1H)、8.66-8.68(m, 3H)、9.27(d, J=8.0Hz, 1H)、9.46(d, J=8.0Hz, 1H)、9.49(s, 1H)

[0984] 图35A和图35B示出¹H NMR谱。注意，图35B是图35A中的7.4ppm至9.6ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物2DBtTPDBq-04。

[0985] 通过利用梯度升华方法对所得到的1.3g的固体进行纯化。在升华纯化中，在压力为2.9Pa且氩流速为15mL/min的条件下，以335°C加热固体14.5小时。在纯化之后，以74%的回收率得到0.96g的目的物的固体。

[0986] 《2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]噻吩(简称:2DBtTPDBq-04)的物性》

[0987] 图36和图37分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的方法测量的2DBtTPDBq-04的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱。图38和图39分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的方法测量的2DBtTPDBq-04的薄膜的吸收光谱和发射光谱。

[0988] 由图36可知，2DBtTPDBq-04的甲苯溶液在280nm、332nm、361nm及375nm附近呈现吸收峰值，由图37可知，发光波长的峰值呈现在385nm及404nm(激发波长:360nm)。由图38可知，2DBtTPDBq-04的薄膜在210nm、262nm、296nm、315nm、341nm、368nm及384nm附近呈现吸收峰值，由图39可知，发光波长的峰值呈现在429nm及446nm附近(激发波长:385nm)。确认到2DBtTPDBq-04发射蓝紫色光。本发明的一个方式的化合物可以被用作发光物质的主体材料或者可见区域的荧光发光物质的主体材料。

[0989] 利用与2mDBtTPDBq-II相同的方法测量出2DBtTPDBq-04的磷光。图40示出所得到的磷光光谱。由该结果可知，在2DBtTPDBq-04的磷光光谱中最短波长一侧的峰值存在于518nm，这意味着2DBtTPDBq-04具有高T₁能级。可知2DBtTPDBq-04的薄膜在大气下也不容易凝集，形态变化小，具有良好的膜品质。

[0990] 利用循环伏安(CV)测量调查出氧化还原反应特性。利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法进行测量。其结果是，氧化电位为-6.16eV，还原电位为-2.94eV。当将氧化电位看作HOMO能级且将还原电位看作LUMO能级时，将HOMO能级和LUMO能级之间的带隙估计为

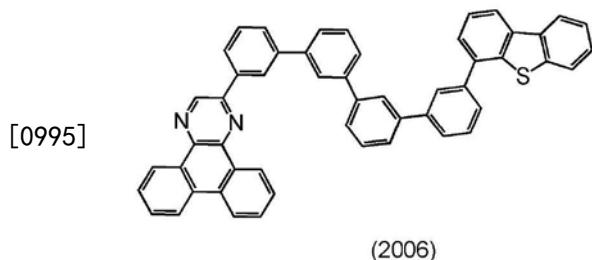
3.22eV。

[0991] 实施例6

[0992] 《合成例6》

[0993] 在本合成例中,说明在实施方式1及实施方式2中说明的杂环化合物2-[3”’-(二苯并噻吩-4-基)-3,1’ :3’ ,1” :3” ,1”’ -四联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtQPDBq-II)(结构式(2006))的合成方法。以下示出2mDBtQPDBq-II的结构式。

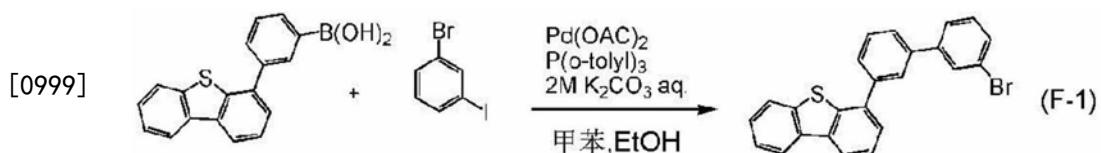
[0994] [化学式248]



[0996] <4-(3’-溴-3,1’-联苯-1-基)二苯并噻吩的合成>

[0997] 将3.0g (9.8mmol)的3-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、2.8g (9.9mmol)的3-溴碘苯、0.16g (0.53mmol)的三(2-甲基苯基)膦、15mL的碳酸钾水溶液(2mol/L)、50mL的甲苯、5mL的乙醇倒入200mL三口烧瓶中。然后,在减压下对该混合物进行脱气,在系统内连续地流过氮气。将该混合物加热到80℃。之后,添加40mg (0.18mmol)的醋酸钯(II),在相同温度下对该混合物进行搅拌9小时。在搅拌之后,使用甲苯对所得到的混合物的水层进行萃取,混合萃取液和有机层,使用饱和食盐水进行洗涤,并使用无水硫酸镁进行干燥。对该混合物进行重力过滤,然后浓缩滤液,而得到5g的褐色油状物。利用高效液相层析法(展开溶剂:氯仿)对所得到的油状物进行纯化,而以64%的收率得到2.6g的目的物的无色透明油状物。下述(F-1)示出本步骤的合成方案。

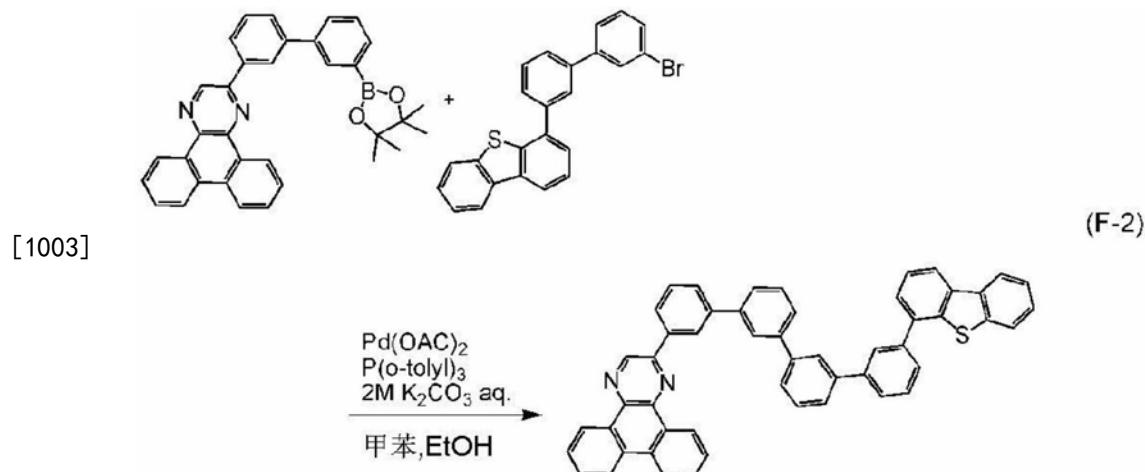
[0998] [化学式249]



[1000] <2-[3”’-(二苯并噻吩-4-基)-3,1’ :3’ ,1” :3” ,1”’ -四联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtQPDBq-II)的合成方法>

[1001] 将2.6g (6.3mmol)的4-(3’-溴-3,1’-联苯-1-基)二苯并噻吩、3.2g (6.2mmol)的2-[3’-(2-二苯并[f,h]喹喔啉基(quinoxaliny1))-1,1’-联苯-3-基]-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二杂氧戊硼烷(dioxaborolane)、0.10g (0.33mmol)的三(2-甲基苯基)膦、30mL的甲苯、3mL的乙醇、10mL的碳酸钾水溶液(2mol/L)倒入100mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气之后,在系统内连续地流过氮气。然后,将该混合物加热到80℃,添加14mg (60μmol)的醋酸钯(II),然后进行搅拌3小时。在搅拌之后,通过抽滤收集所析出的固体,使用水和乙醇进行洗涤,使用甲苯进行再结晶,由此以80%的收率得到目的物的固体。下述(F-2)示出本步骤的合成方案。

[1002] [化学式250]



[1004] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法(¹H NMR)，下面示出分析结果。

[1005] ¹H NMR (四氯乙烷-d₂, 500MHz) : δ = 7.46-7.51 (m, 2H)、7.59-7.69 (m, 5H)、7.73-7.91 (m, 13H)、8.11 (d, J=8.0Hz, 2H)、8.15 (s, 1H)、8.19 (t, J=8.0Hz, 2H)、8.38 (d, J=8.0Hz, 1H)、8.68-8.70 (m, 3H)、9.32 (d, J=8.0Hz, 1H)、9.46 (d, J=8.0Hz, 1H)、9.50 (s, 1H)

[1006] 图41A和图41B示出¹H NMR谱。图41B是图41A中的7.4ppm至9.6ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物2mDBtQPDBq-II。

[1007] 通过利用梯度升华方法对所得到的3.6g的固体进行纯化。在升华纯化中，在压力为3.6Pa且氩流速为15mL/min的条件下，以395°C加热固体17小时。在纯化之后，以74%的回收率得到2.6g的目的物的黄色固体。

[1008] 《2-[3''-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtQPDBq-II)的物性》

[1009] 图42和图43分别示出利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法测量的2mDBtQPDBq-II的薄膜的吸收光谱和发射光谱。

[1010] 由图42可知，2mDBtQPDBq-II的薄膜在253nm、318nm、337nm、367nm及383nm附近呈现吸收峰值，由图43可知，发光波长的峰值呈现在423nm附近(激发波长:383nm)。确认到2mDBtQPDBq-II发射蓝紫色光。本发明的一个方式的化合物可以被用作发光物质的主体材料或者可见区域的荧光发光物质的主体材料。

[1011] 利用与2mDBtTPDBq-II相同的方法测量出2mDBtQPDBq-II的磷光。图44示出所得到的磷光光谱。由该结果可知，在2mDBtQPDBq-II的磷光光谱中最短波长一侧的峰值存在于514nm，这意味着2mDBtQPDBq-II具有高T₁能级。可知2mDBtQPDBq-II的薄膜在大气下也不容易凝集，形态变化小，具有良好的膜品质。

[1012] 利用循环伏安(CV)测量调查出氧化还原反应特性。利用与2mDBtTPDBq-II相同的测量方法进行测量。其结果是，氧化电位为-6.19eV，还原电位为-2.93eV。当将氧化电位看作HOMO能级且将还原电位看作LUMO能级时，将HOMO能级和LUMO能级之间的带隙估计为3.26eV。

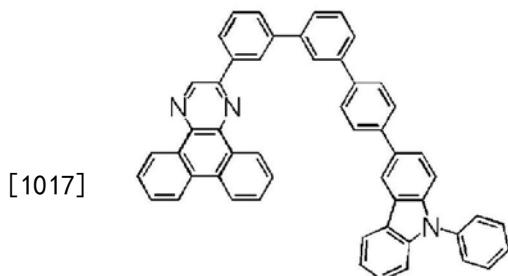
[1013] 实施例7

[1014] 《合成例7》

[1015] 在本合成例中，说明在实施方式1及实施方式2中说明的杂环化合物2-[4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1':3',1"-三联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mmpPCTPDBq)

(结构式(2007))的合成方法。以下示出2mmpPCTPDBq的结构式。

[1016] [化学式251]



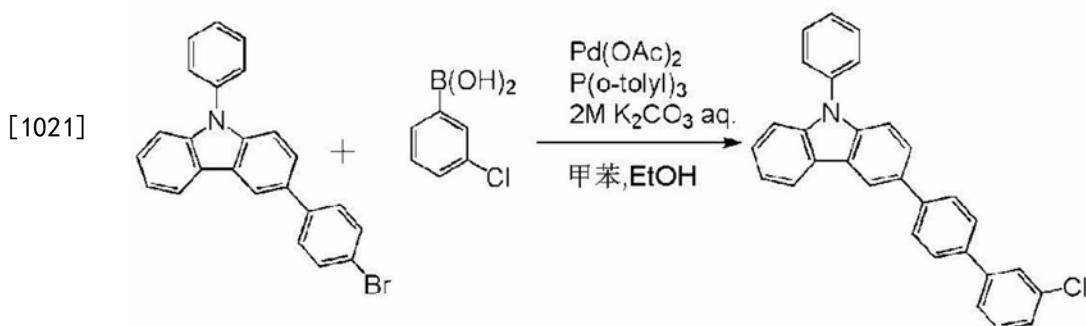
(2007)

[1018] <(步骤1)3-(3'-氯-1,1'-联苯-4-基)-9-苯基-9H-咔唑的合成>

[1019] 将4.0g (10mmol) 的3-(4-溴苯基)-9-苯基-9H-咔唑、1.6g (10mmol) 的3-氯苯基硼酸、0.61g (2.0mmol) 的三(邻甲苯基)膦、40mL的甲苯、10mL的乙醇以及15mL的碳酸钾水溶液 (2.0mol/L) 倒入200mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气，然后在系统内连续地流过氮气。将该混合物加热到60℃。然后，添加87mg (0.40mmol) 的醋酸钯 (II) 以80℃对该混合物进行搅拌12小时。在搅拌之后，使用水对所得到的混合物的有机层进行洗涤，利用甲苯对水层进行萃取。混合所得到的萃取液和有机层，使用饱和食盐水对该混合物进行洗涤，对其进行硫酸镁。对所得到的混合物进行重力过滤，然后浓缩所得到的滤液，以84%的收率得到3.6g的目的物的褐色油状物。下述(H-1)示出本步骤的合成方案。

[1020] [化学式252]

(H-1)



[1022] 对所得到的油状物质进行核磁共振光谱法(¹H NMR)，下面示出分析结果。

[1023] ¹H NMR (氯仿-d, 500MHz) : δ = 7.30-7.34 (m, 2H)、7.39 (t, J=8.0Hz, 1H)、7.43 (d, J=3.5Hz, 2H)、7.47-7.50 (m, 2H)、7.54 (d, J=7.5Hz, 1H)、7.58-7.70 (m, 8H)、7.80 (d, J=8.5Hz, 2H)、8.21 (d, J=8.0Hz, 1H)、8.40 (d, J=2.0Hz, 1H)

[1024] 图45A和图45B示出所得到的油状物质的¹H NMR谱。注意，图45B是图45A中的7.0ppm至8.5ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物3-(3'-氯-1,1'-联苯-4-基)-9-苯基-9H-咔唑。

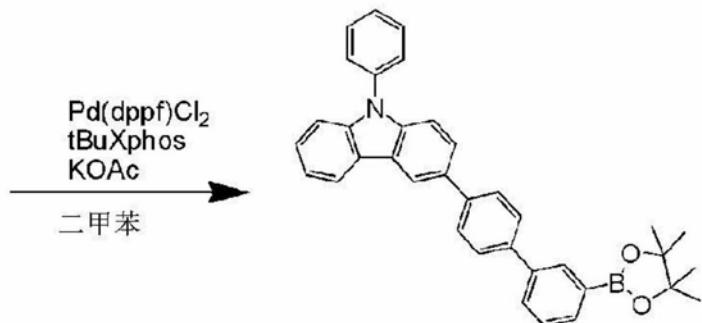
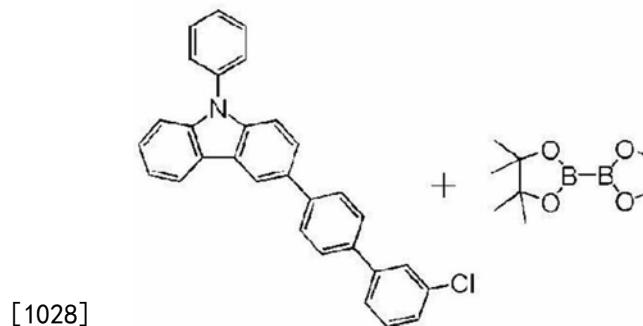
[1025] <(步骤2)3-[3'-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二杂氧戊硼烷(dioxaborolane)-2-基)-1,1'-联苯-4-基]-9-苯基-9H-咔唑的合成>

[1026] 将3.6g (8.4mmol) 的3-(3'-氯-1,1'-联苯-4-基)-9-苯基-9H-咔唑、2.2g

(8.4mmol) 的联硼酸频那醇酯、2.5g (25mmol) 的醋酸钾、0.28g (0.50mmol) 的2-二-叔丁基膦-2',4',6'-三异丙基-联苯(tBuxphos)倒入200mL三口烧瓶中,然后将系统内气氛置换为氮气。在对该混合物添加42mL的二甲苯之后,在减压下对该混合物进行脱气,然后在系统内连续地流过氮气。在将该混合物加热到80℃之后,添加0.16g (0.2mmol) 的[1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁]二氯化钯(II),以150℃对该混合物进行搅拌27小时。在搅拌之后,通过薄层层析确认到3-(3'-氯-1,1'-联苯-4-基)-9-苯基-9H-咔唑消失了,然后将所得到的混合物冷却到室温,接着进行步骤3。下述(H-2)示出本步骤的合成方案。

[1027] [化学式253]

(H-2)

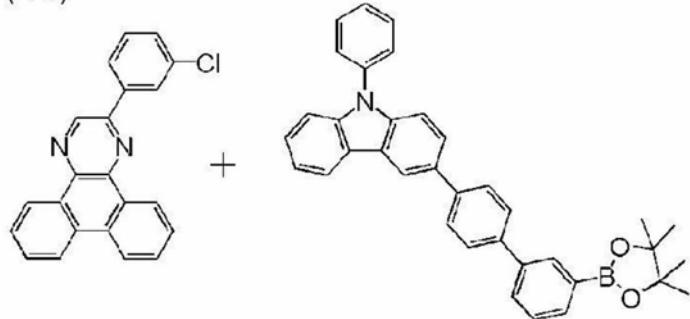


[1029] <(步骤3)2-[4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1':3',1''-三联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mmpPCTPDBq)的合成>

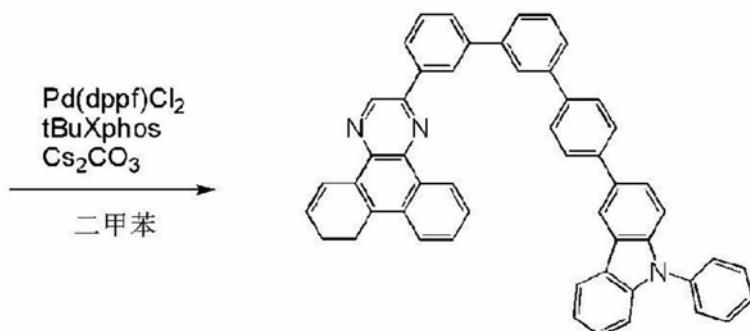
[1030] 对通过步骤2得到的混合物添加2.9g (8.4mmol) 的2-(3-氯苯基)二苯并[f,h]喹喔啉、0.55g (1.5mmol) 的二(1-金刚烷)-n-丁基膦、4.3g (20mmol) 的磷酸三钾、33mL的二乙二醇二甲醚。然后,在减压下对这混合物进行脱气,在系统内连续地流过氮气。将所得到的混合物加热到80℃,添加0.12g (0.50mmol) 的醋酸钯(II),以150℃对该混合物进行搅拌7小时。在搅拌之后,通过抽滤来收集析出的固体,利用甲苯、水和乙醇进行洗涤,由此得到2.5g 的目的物的褐色粉末。步骤2和步骤3的总收率为42%。下述(H-3)示出本步骤的合成方案。

[1031] [化学式254]

(H-3)



[1032]

[1033] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法(¹H NMR)，下面示出分析结果。[1034] ¹H NMR(氯仿-d, 500MHz): $\delta = 7.31\text{--}7.34\text{ (m, }1\text{H})$ 、 $7.44\text{ (d, }J=4.0\text{Hz, }1\text{H})$ 、 $7.50\text{ (d, }J=15\text{Hz, }2\text{H})$ 、 $7.60\text{--}7.66\text{ (m, }5\text{H})$ 、 $7.72\text{--}7.87\text{ (m, }14\text{H})$ 、 $8.04\text{ (s, }1\text{H})$ 、 $8.22\text{ (d, }J=8.0\text{Hz, }1\text{H})$ 、 $8.36\text{ (d, }J=8.0\text{Hz, }1\text{H})$ 、 $8.43\text{ (d, }J=1.5\text{Hz, }1\text{H})$ 、 $8.65\text{ (s, }1\text{H})$ 、 $8.67\text{ (d, }J=7.5\text{Hz, }2\text{H})$ 、 $9.26\text{ (dd, }J_1=8.0\text{Hz, }J_2=2.0\text{Hz, }1\text{H})$ 、 $9.46\text{ (dd, }J_1=8.0\text{Hz, }J_2=2.0\text{Hz, }1\text{H})$ 、 $9.48\text{ (s, }1\text{H})$ [1035] 图46A和图46B示出所得到的固体的¹H NMR谱。注意，图46B是图46A中的7.0ppm至9.6ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物2-[4"- (9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1':3',1"-三联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mmpPCTPDBq)。

[1036] 通过利用梯度升华方法对所得到的2.5g的固体进行纯化。在升华纯化中，在压力为3.6Pa且氩流速为15mL/min的条件下，以375°C加热固体15小时。在升华纯化后，以87%的回收率得到2.2g的淡黄色固体。

[1037] 《2-[4"- (9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1':3',1"-三联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mmpPCTPDBq)的物性》

[1038] 图47和图48分别示出2mmpPCTPDBq的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱的测量结果。图49和图50分别示出2mmpPCTPDBq的薄膜的吸收光谱和发射光谱。通过真空蒸镀法在石英衬底上形成固体薄膜。与实施例1同样地进行甲苯溶液的吸收光谱的测量。使用分光光度计(日立高新技术(Hitachi High-Technologies Corporation)制造的分光光度计U4100)测量薄膜的吸收光谱。与实施例1同样地进行发射光谱的测量。

[1039] 由图47可知，2mmpPCTPDBq的甲苯溶液在374nm、354nm及302nm附近呈现吸收峰值，由图48可知，发光波长的峰值呈现在385nm及404nm(激发波长:355nm)。由图49可知，2mmpPCTPDBq的薄膜在380nm、365nm、330nm、303nm、258nm附近呈现吸收峰值，由图50可知，发光波长的峰值呈现在459nm附近(激发波长:325nm)。确认到2mmpPCTPDBq发射蓝紫色光。

本发明的一个方式的化合物可以被用作发光物质的主体材料或者可见区域的荧光发光物质的主体材料。

[1040] 利用与实施例1相同的方法测量出2mmpPCTPDBq的磷光。图51示出所得到的磷光光谱。由该结果可知,在2mmpPCTPDBq的磷光光谱中最短波长一侧的峰值存在于514nm,这意味着2mmpPCTPDBq具有高T₁能级。可知2mmpPCTPDBq的薄膜在大气下也不容易凝集,形态变化小,具有良好的膜品质。

[1041] 利用循环伏安(CV)测量得到2mmpPCTPDBq的HOMO能级及LUMO能级。测量方法及算出方法与实施例1相同。

[1042] 另外,反复进行CV测量100次,彼此比较第100次循环的氧化-还原波与第1次循环的氧化-还原波,来调查化合物的电性稳定性。

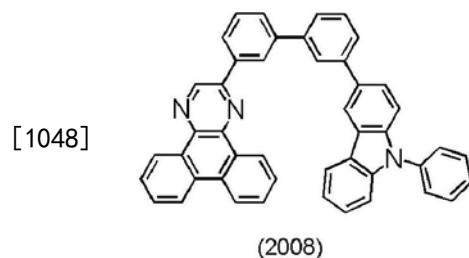
[1043] 其结果表明:在2mmpPCTPDBq的氧化电位Ea[V]的测量中,HOMO能级为-5.80eV。另一方面,可知LUMO能级为-2.94eV。当氧化-还原波的反复测量时,在Ea测量中,第100次循环后的氧化-还原波的峰强度保持了第1次循环的氧化-还原波的峰强度的78%,在Ec测量中,第100次循环之后的氧化-还原波的峰强度保持了第1次循环的氧化-还原波的峰强度的90%,由此可知2mmpPCTPDBq的对氧化及还原的耐性非常高。

[1044] 实施例8

[1045] 《合成例8》

[1046] 在本合成例中,说明作为本发明的一个方式的杂环化合物的对比物质合成的2-[3'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1'-联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mPCBPDBq)(结构式(2008))的合成方法。以下示出2mPCBPDBq的结构式。

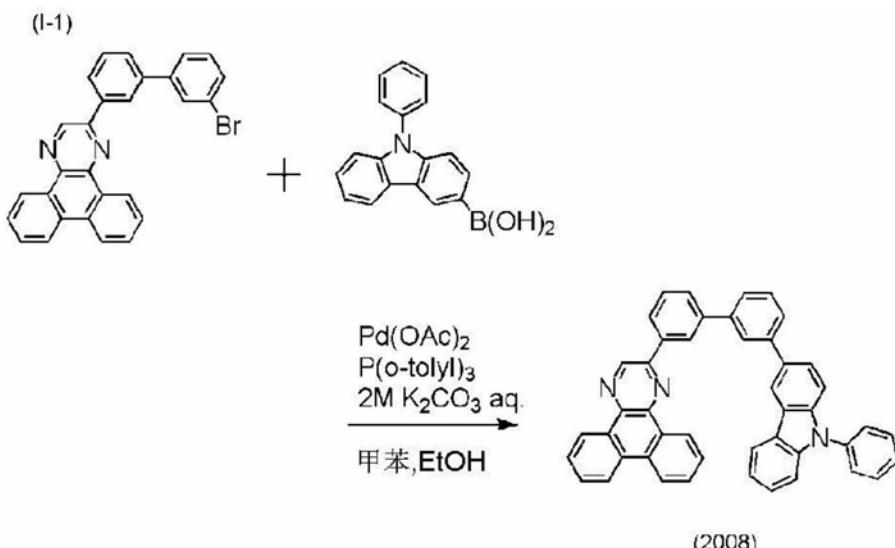
[1047] [化学式255]



[1049] <2-[3'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1'-联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mPCBPDBq)的合成>

[1050] 将4.2g(5mmol)的2-(3'-溴-1,1'-联苯-3-基)二苯并[f,h]喹喔啉、1.5g(5mmol)的9-苯基-9H-咔唑-3-基硼酸、0.16mg(0.50mmol)的三(邻甲苯基)膦、25mL的甲苯、5mL的乙醇以及7.5mL的碳酸钾水溶液(2.0mol/L)倒入200mL三口烧瓶中。在减压下对该混合物进行脱气,然后在系统内连续地流过氮气。将该混合物加热到60℃。然后,添加52mg(0.23mmol)的醋酸钯(II),以90℃对该混合物进行搅拌32小时。在搅拌之后,通过抽滤来收集析出的固体,利用水、甲苯和乙醇进行洗涤,由此以89%的收率得到2.8g的目的物的褐色固体。下述(I-1)示出本步骤的合成方案。

[1051] [化学式256]



[1053] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法(¹H NMR)，下面示出分析结果。

[1054] ¹H NMR(氯仿-d, 500MHz): $\delta = 7.29\text{--}7.33$ (m, 1H)、 $7.42\text{--}7.45$ (m, 2H)、 7.50 (t, J=7.5Hz, 1H)、 7.52 (d, J=9.0Hz, 1H)、 $7.61\text{--}7.82$ (m, 8H)、 7.88 (d, J=8.0Hz, 1H)、 8.08 (s, 1H)、 8.23 (d, J=7.5Hz, 1H)、 8.36 (d, J=7.5Hz, 1H)、 8.47 (s, 1H)、 8.67 (d, J=8.5Hz, 2H)、 8.67 (s, 1H)、 9.26 (d, J=8.5Hz, 1H)、 9.46 (d, J=8.0Hz, 1H)、 9.49 (s, 1H)

[1055] 图52A和图52B示出所得到的固体的¹H NMR谱。注意，图52B是图52A中的7.0ppm至9.6ppm的范围的放大图。根据测量结果确认到得到了目的物2-[3'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1'-联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mPCBPDBq)。

[1056] 通过利用梯度升华方法对所得到的2.1g的固体进行纯化。在升华纯化中，在压力为3.6Pa且氩流速为15mL/min的条件下，以330℃加热固体15小时。在升华纯化后，以90%的回收率得到1.9g的目的物的淡黄色固体。

[1057] 《2-[3'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1'-联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mPCBPDBq)的物性》

[1058] 利用与实施例1相同的方法测量出2mPCBPDBq的磷光。虽然不示出所得到的磷光光谱，但是可知在所得到的2mPCBPDBq的磷光光谱中最短波长一侧的峰值存在于515nm，这意味着2mPCBPDBq具有高T₁能级。可知2mPCBPDBq的薄膜在大气下也不容易凝集，形态变化小，具有良好的膜品质。

[1059] 利用循环伏安(CV)测量得到2mPCBPDBq的HOMO能级及LUMO能级。测量方法及算出方法与实施例1相同。

[1060] 另外，反复进行CV测量100次，彼此比较第100次循环中的氧化-还原波与第1次循环中的氧化-还原波，来调查化合物的电性稳定性。

[1061] 其结果表明：在2mPCBPDBq的氧化电位Ea[V]的测量中，HOMO能级为-5.84eV。另一方面，可知LUMO能级为-2.94eV。当氧化-还原波的反复测量时，在Ea测量中，第100次循环后的氧化-还原波的峰强度保持了第1次循环的氧化-还原波的峰强度的78%，在Ec测量中，第100次循环后的氧化-还原波的峰强度保持了第1次循环的氧化-还原波的峰强度的80%，由此可知2mPCBPDBq的耐氧化及还原性非常高。

[1062] 对2mPCBPDBq的热物性进行测量。对2mPCBPDBq进行热重-差热分析(TG-DTA)：

Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)。在测量中,使用高真空差式型差热天平(由Bruker AXS公司制造,TG-DTA 2410SA)。在氮气流(流量为200mL/min)和大气压下,以10°C/min的升温速率进行测量。另外,使用由PerkinElmer, Inc.制造的Pyris 1DSC进行差示扫描量热测量。在差示扫描量热测量中,以40°C/min的升温速度从300°C升温到350°C(没有发生化合物的分解的温度),然后在该温度下保持1分钟,接着,以40°C/min的降温速度降温到-10°C。连续地进行这操作两次。

[1063] 在热重-差热分析中,从热重测量求得的重量从测量开始时的重量减少5%时的温度(分解温度)为500°C以上。差示扫描量热测量的第二次升温中观察到的玻璃化转变温度(Tg)为119°C。

[1064] 实施例9

[1065] 在本实施例中,对在实施例1至实施例5、实施例7中得到的本发明的方式的杂环化合物进行热重-差热分析以及差示扫描量热测量。注意,测量方法与实施例8相同。

[1066] 表1示出在实施例1至实施例5、实施例7中得到的本发明的方式的杂环化合物的如下数据:热重-差热分析中的从热重测量求得的重量从测量开始时的重量减少5%时的温度(分解温度);差示扫描量热测量的第二次升温中观察到的玻璃化转变温度(Tg);结晶化温度(Tc);以及熔点(Tm)。

[1067] [表1]

		分解温度 (°C)	Tg (°C)	Tc (°C)	Tm (°C)
[1068]	2mDBtTPDBq-II	实施例 1	487	116	-
	2DBtTPDBq	实施例 2	500 以上	121	-
	2DBtTPDBq-02	实施例 4	500 以上	128	194
	2DBtTPDBq-03	实施例 3	500 以上	-	323
	2DBtTPDBq-04	实施例 5	500 以上	122	-
	2mmpPCTPDBq	实施例 7	500 以上	132	-

[1069] *-:观察不到

[1070] 根据表1可知:本发明的方式的材料具有高于100°C的玻璃化转变温度及良好的热物性。2mDBtTPDBq-II只具有间亚苯基,但是2DBtTPDBq、2DBtTPDBq-02、2DBtTPDBq-03、2DBtTPDBq-04、2mmpPCTPDBq都具有间亚苯基和对亚苯基的双方。由此可知,在分子量互相相同的化合物中,其骨架包括间亚苯基和对亚苯基的双方的化合物具有较高的耐热性。

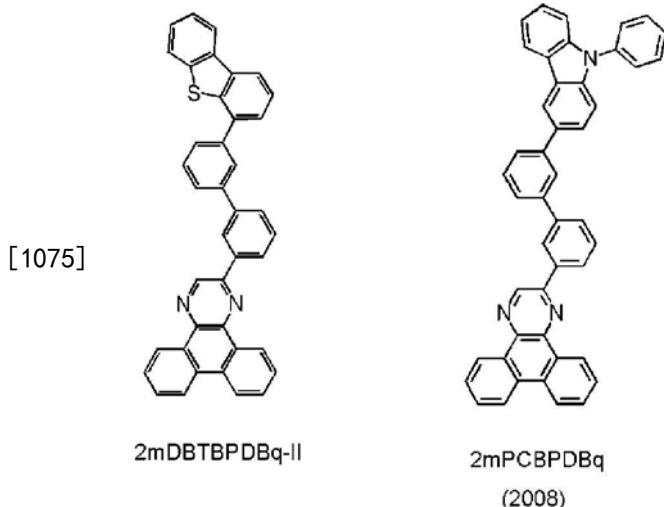
[1071] 实施例10

[1072] 在本实施例中,评价本发明的方式的杂环化合物的热物性及使用杂环化合物的元件寿命。

[1073] 对在实施例1至实施例8中合成的本发明的方式的杂环化合物、以及对比杂环化合物进行热物性及元件寿命的评价。注意,对比杂环化合物为如下杂环化合物:与本发明的方式的杂环化合物相比,二苯并喹喔啉环与二苯并噻吩基或呋唑基之间的亚苯基的个数较少且分子量较小的2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)及2-[3'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1'-联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉

(简称:2mPCBPDBq)。以下示出2mDBTBPDBq-II及2mPCBPDBq的结构式。

[1074] [化学式257]



[1076] <发光元件1至发光元件7及对比发光元件8的制造>

[1077] 为了评价热物性及元件寿命,制造在EL层中包含该杂环化合物的发光元件。对该发光元件的制造工序进行说明。该发光元件都具有图1A所示的叠层结构。

[1078] 首先,作为第一电极101,在衬底上形成厚度为110nm的ITSO膜。第一电极101的电极面积为 4mm^2 ($2\text{mm} \times 2\text{mm}$)。

[1079] 接着,在第一电极101上形成EL层103。作为空穴注入层111,通过共蒸镀而沉积1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)与氧化钼,以所形成的层的DBT3P-II:氧化钼的重量比为2:1且厚度为20nm。注意,共蒸镀是指使多个不同的物质从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。作为空穴传输层112,通过以厚度为20nm的方式蒸镀而沉积4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)。

[1080] 接着,形成功能层113。首先,通过共蒸镀而沉积杂环化合物、N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)及(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(tBu₄PPh₃)₂(acac)]),以所形成的层的杂环化合物:PCBBiF:[Ir(tBu₄PPh₃)₂(acac)]的重量比为0.7:0.3:0.05且厚度为20nm。在该层上,通过共蒸镀而沉积杂环化合物、PCBBiF及[Ir(tBu₄PPh₃)₂(acac)],以所形成的层的杂环化合物:PCBBiF:[Ir(tBu₄PPh₃)₂(acac)]的重量比为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm。如此,形成总厚度为40nm的功能层113。注意,在功能层113中,上述杂环化合物及PCBBiF为主体材料,[Ir(tBu₄PPh₃)₂(acac)]为客体材料。

[1081] 接着,作为电子传输层114,通过在功能层113上依次以厚度分别为20nm及10nm的方式蒸镀而沉积上述杂环化合物及BPhen。接着,作为电子注入层115,通过以厚度为1nm的方式蒸镀而沉积氟化锂(LiF)。

[1082] 作为电极102,沉积厚度为200nm的铝(A1)。

[1083] 接着,在氮气氛的手套箱中使用有机EL装置用密封剂将密封衬底固定于形成有EL层103的衬底上,由此密封各发光元件。具体而言,将密封剂涂敷于形成在衬底上的EL层103的周围,贴合该衬底和密封衬底,以6J/cm²照射波长为365nm的紫外光,并且以80℃进行1小时的加热处理。通过上述工序得到发光元件。

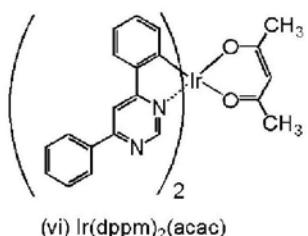
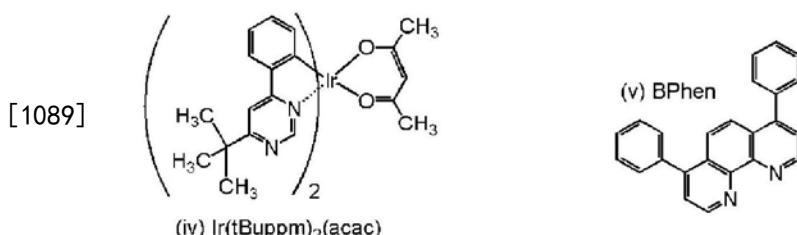
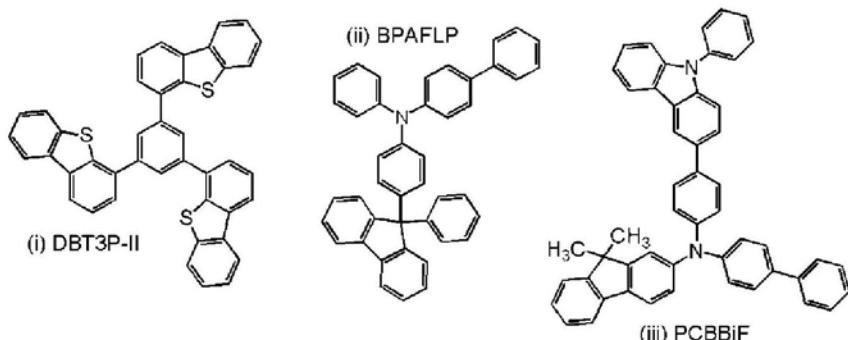
[1084] <发光元件9及对比发光元件10的制造>

[1085] 发光元件9及对比发光元件10的制造方法除了发光层113的形成工序之外与上述发光元件1至发光元件7、对比发光元件8相同。

[1086] 作为发光元件9及对比发光元件10的每一个的发光层113，通过共蒸镀而沉积杂环化合物、PCBBiF及双[2-(6-苯基-4-嘧啶基-κN3)苯基-κC](2,4-戊二酮根-κ²O,O')铱(III)(简称:Ir(dppm)₂(acac))，以所形成的层的杂环化合物、PCBBiF及[Ir(dppm)₂(acac)]的重量比为0.7:0.3:0.05且厚度为20nm。在其上，通过共蒸镀而还沉积杂环化合物、PCBBiF及[Ir(dppm)₂(acac)]，以所形成的层的杂环化合物:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]的重量比为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm。如此，形成总厚度为40nm的发光层113。注意，在发光层113中，上述杂环化合物及PCBBiF为主体材料，Ir(dppm)₂(acac)为客体材料。

[1087] 以下，示出发光元件的EL层所包含的材料中的本发明的方式的杂环化合物以外的材料的结构。

[1088] [化学式258]



[1090] 注意，在发光元件1中，发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用在实施例1中说明的2-[3”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtTPDBq-II)。

[1091] 在发光元件2中，发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用在实施例2中说明

的2-[3”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':4',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq)。

[1092] 在发光元件3中,发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用在实施例3中说明的2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':4',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq-03)。

[1093] 在发光元件4中,发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用在实施例4中说明的2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-4,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq-02)。

[1094] 在发光元件5中,发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用在实施例5中说明的2-[4”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1"-三联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2DBtTPDBq-04)。

[1095] 在发光元件6中,发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用在实施例6中说明的2-[3”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1":3",1":3"-四联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtQPDBq-II)。

[1096] 在发光元件7及发光元件9的每一个中,发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用在实施例7中说明的2-[4”-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-1,1':3',1"-三联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mmpPCTPDBq)。

[1097] 在对比发光元件8中,发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用2-[3’-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)。

[1098] 在对比发光元件10中,发光层113及电子传输层114的杂环化合物使用在实施例9中说明的2-[3”-(二苯并噻吩-4-基)-3,1':3',1":3",1":3"-四联苯-1-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBtQPDBq-II)。

[1099] 表2及表3示出本实施例所记载的元件的结构。

[1100] [表2]

	第一电极	空穴 注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层	电子 注入层	第二电极	
发光元件1	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4.20nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mDBTPDBqII (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件2	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4.20nm)	BPAFLP (20nm)	**	2DBTPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件3	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4.20nm)	BPAFLP (20nm)	***	2DBTPDBq03 (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件4	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4.20nm)	BPAFLP (20nm)	****	2DBTPDBq02 (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件5	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4.20nm)	BPAFLP (20nm)	*****	2DBTPDBq04 (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件6	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4.20nm)	BPAFLP (20nm)	*****	2mDBTPDBqII (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件7	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4.20nm)	BPAFLP (20nm)	*****	2mmpCTPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比 发光元件8	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4.20nm)	BPAFLP (20nm)	*****	2mDBTPDBqII (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*2mDBTPDBqII:PCBBiF[Ir (tBu)2(acac)] (0.703:0.0520nm\0.802:0.0520nm)

**2DBTPDBq:PCBBiF[Ir (tBu)2(acac)] (0.703:0.0520nm\0.802:0.0520nm)

***2DBTPDBq03:PCBBiF[Ir (tBu)2(acac)] (0.703:0.0520nm\0.802:0.0520nm)

****2DBTPDBq02:PCBBiF[Ir (tBu)2(acac)] (0.703:0.0520nm\0.802:0.0520nm)

*****2DBTPDBq04:PCBBiF[Ir (tBu)2(acac)] (0.703:0.0520nm\0.802:0.0520nm)

*****2mDBTPDBqII:PCBBiF[Ir (tBu)2(acac)] (0.703:0.0520nm\0.802:0.0520nm)

*****2mmpCTPDBq:PCBBiF[Ir (tBu)2(acac)] (0.703:0.0520nm\0.802:0.0520nm)

*****2mDBTPDBqII:PCBBiF[Ir (tBu)2(acac)] (0.703:0.0520nm\0.802:0.0520nm)

[1102] [表3]

	第一电极	空穴 注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层		电子 注入层	第二电极
[1103]	发光元件9	ITO (110nm)	DBT3P-II: MoOx (4:220nm)	BPAFLP (20nm)	***** ****	2mmpPCTPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
	对比发光元件10	ITO (110nm)	DBT3P-II: MoOx (4:220nm)	BPAFLP (20nm)	***** *****	2mPCBPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm) Al (200nm)

2mmpPCTPDBq:PCBBiF:Ir (dppm) 2 (acac) (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

2mPCBPDBq:PCBBiF:Ir (dppm) 2 (acac) (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[1104] <发光元件1至发光元件7、对比发光元件8的特性>

[1105] 表4示出发光元件1至发光元件7、对比发光元件8的特性。根据表4可知,发光元件1至发光元件7、对比发光元件8具有良好的特性。

[1106] [表4]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
[1107]	发光元件 1	2.8	0.80	(0.41,0.58)	900	115	130
	发光元件 2	2.8	1.01	(0.43,0.56)	1100	109	123
	发光元件 3	2.8	0.84	(0.42,0.57)	900	108	121
	发光元件 4	2.7	1.08	(0.42,0.57)	1100	103	120
	发光元件 5	2.8	1.00	(0.41,0.58)	1100	111	124
	发光元件 6	3.0	1.11	(0.43,0.56)	1100	101	106
	发光元件 7	2.8	0.70	(0.40,0.59)	800	114	128
	对比发光元件 8	2.8	0.88	(0.41,0.58)	1000	112	126

[1108] 图53示出对发光元件1至发光元件6、对比发光元件8在初始亮度为5000cd/m²下进行恒电流驱动测试的结果。如图53所示,发光元件1至发光元件6、对比发光元件8具有高可靠性。但是,发光元件3、发光元件4的劣化曲线的倾斜度稍微高。被用作发光元件3的主体材料的2DBtTPDBq-03、被用作发光元件4的主体材料的2DBtTPDBq-02的每一个具有作为亚芳基具有一个间亚苯基以及两个对亚苯基的分子结构。另一方面,在具有非常高的可靠性的发光元件1、发光元件2及发光元件5中,分别将2mDBtTPDBq-II、2DBtTPDBq、2DBtTPDBq-04用于发光层。这三个材料都具有包括一个对亚苯基或没有对亚芳基的分子结构。因此,为了实现高可靠性及高耐热性的双方,优选在分子结构中具有一个对亚苯基以及两个间亚苯基。此外,优选以从二苯并[f,h]喹喔啉骨架一侧两个间亚苯基连续地键合的方式形成间联苯-二基,因为可以得到更高的可靠性,而可以提供其可靠性比对比发光元件8高的元件。当以

从二苯并[f,h]喹喔啉骨架一侧两个间亚苯基连续地键合的方式形成间联苯-二基时,从二苯并[f,h]喹喔啉骨架一侧数第三个亚苯基更优选在对位键合,因为可以实现高耐热性。

[1109] <发光元件9及对比发光元件10的特性>

[1110] 表5示出发光元件9、对比发光元件10的特性。根据表5可知,发光元件9和对比发光元件10具有良好的特性。

[1111] [表5]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	亮度 (cd/m ²)	电流 效率 (cd/A)	功率 效率 (lm/W)	外部量 子效率 (%)
[1112]	发光元件 9	3.1	1.50	(0.55,0.44)	1100	76	77
	对比 发光元件 10	3	1.34	(0.55,0.44)	1100	79	83

[1113] 图54示出对发光元件9、对比发光元件10在2mA的恒电流下进行驱动测试的结果。根据图54可知,发光元件9及对比发光元件10的每一个的LT₅₀超过1000小时,这意味着高可靠性。在此,发光元件9的劣化曲线的倾斜度比对比发光元件10小,其结果是,发光元件9具有比对比发光元件10高的可靠性。因此,如上所述,为了得到高可靠性,作为分子结构中的连接二苯并[f,h]喹喔啉骨架和咔唑基的二价基,三个亚芳基连续地键合的三联苯-二基是比两个亚苯基连续键合的联苯-二基优选的。

[1114] <耐热性评价>

[1115] 对所制造的发光元件进行热物性评价的测试。首先,在100℃环境下指定的时间放置该发光元件。然后,从该环境取出该发光元件以冷却到室温,并进行该发光元件的外部量子效率的测量。在测量之后,反复如下循环:再次将该发光元件放置在100℃环境下,在指定的时间放置它们,从该环境取出它们,并进行外部量子效率的测量。

[1116] 图55示出测量结果。注意,图表中的横轴表示将该发光元件放置在100℃环境下的累计保存时间(h)。图表中的纵轴表示以开始热物性评价时的最大外部量子效率被估计为100%时的外部量子效率的保持率(%)。注意,该元件的初始外部量子效率几乎相同,即28%左右。

[1117] 如图55所示,对比发光元件8从保存开始保持初始外部量子效率5小时,而后外部量子效率急剧劣化,在25小时后,下降到0%。另一方面,发光元件1从保存开始保持初始外部量子效率25小时,呈现比对比发光元件8高的热物性。并且,发光元件2及发光元件5在经过50小时以后也几乎保持初始外部量子效率,因此具有良好的热物性。而且,发光元件3及4在经过1000小时以后也其保持率为85%以上,这意味着非常良好的热物性。被用作发光元件3的主体材料的2DBtTPDBq-03、被用作发光元件4的主体材料的2DBtTPDBq-02在其分子结构中作为亚芳基都具有两个间亚苯基以及一个对亚苯基。当具有这种结构时,有耐热性高的趋势。在分子结构具有亚三联苯结构(三个亚苯基连续地键合的结构),具体的是具有作为亚芳基具有两个间亚苯基以及一个对亚苯基的结构的情况下,分子整体有可能具有高平面性且Tg也会变高。就是说,平面性更高的分子结构对耐热性来说是优选的。

[1118] 在本发明的一个方式的杂环化合物中,中央的亚苯基为三个以上,其分子量比用于对比发光元件8的杂环化合物大。因此,使用本发明的一个方式的杂环化合物的发光元件可以具有良好的热物性。

[1119] 另外,一般而言,当发光层使用分子量较大的化合物时,因折射率的增大而外部量子效率有下降的趋势。但是,发光元件1至发光元件5、对比发光元件8的初始外部量子效率几乎相同。因此,可以确认到:在将本发明的一个方式的杂环化合物用于发光层时,可以实现具有良好的热物性的发光元件而不降低发光元件的外部量子效率。

[1120] 附图标记说明

[1121] 101:第一电极;102:第二电极;103:EL层;111:空穴注入层;112:空穴传输层;113:发光层;114:电子传输层;115:电子注入层;501:第一电极;502:第二电极;511:第一发光单元;512:第二发光单元;513:电荷产生层;601:驱动电路部(源极一侧驱动电路);602:像素部;603:驱动电路部(栅极一侧驱动电路);604:密封衬底;605:密封剂;607:空间;608:引导布线;609:FPC(柔性印刷电路);610:元件衬底;611:开关用TFT;612:电流控制用TFT;613:第一电极;614:绝缘物;616:EL层;617:第二电极;618:发光元件;623:n沟道型TFT;624:p沟道型TFT;901:框体;902:液晶层;903:背光源;904:框体;905:驱动器IC;906:端子;951:衬底;952:电极;953:绝缘层;954:分隔壁层;955:EL层;956:电极;1001:衬底;1002:基底绝缘膜;1003:栅极绝缘膜;1006:栅电极;1007:栅电极;1008:栅电极;1020:层间绝缘膜;1021:层间绝缘膜;1022:电极;1024:电极;1025:分隔壁;1028:EL层;1029:电极;1030:黑色层;1031:密封衬底;1032:密封剂;1037:层间绝缘膜;1040:像素部;1041:驱动电路部;1042:周边部;2001:框体;2002:光源;3001:照明装置;3002:显示装置;5000:显示区域;5001:显示区域;5002:显示区域;5003:显示区域;5004:显示区域;5005:显示区域;7101:框体;7103:显示部;7105:支架;7107:显示部;7109:操作键;7110:遥控操作机;7201:主体;7202:框体;7203:显示部;7204:键盘;7205:外部连接端口;7206:指向装置;7301:框体;7302:框体;7303:连结部;7304:显示部;7305:显示部;7306:扬声器部;7307:记录媒体插入部;7308:LED灯;7309:操作键;7310:连接端子;7311:传感器;7401:框体;7402:显示部;7403:操作按钮;7404:外部连接端口;7405:扬声器;7406:麦克风

[1122] 本申请基于2015年10月23日提交到日本专利局的日本专利申请No.2015-209351,通过引用将其完整内容并入在此。

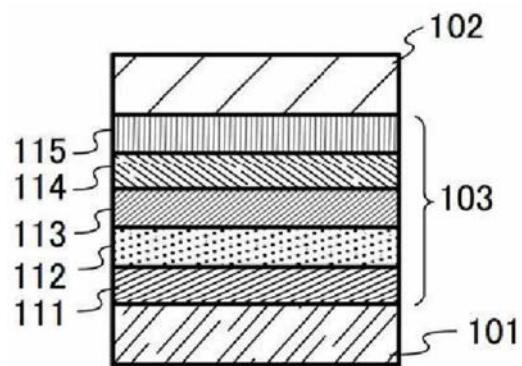


图1A

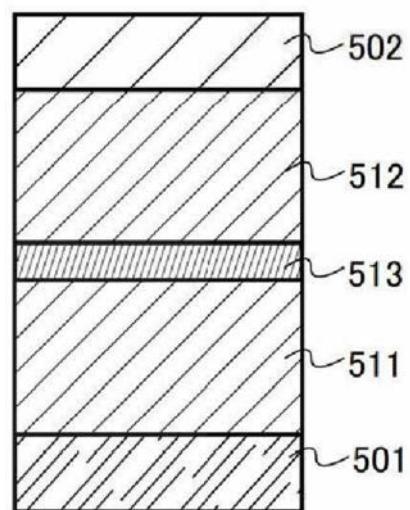


图1B

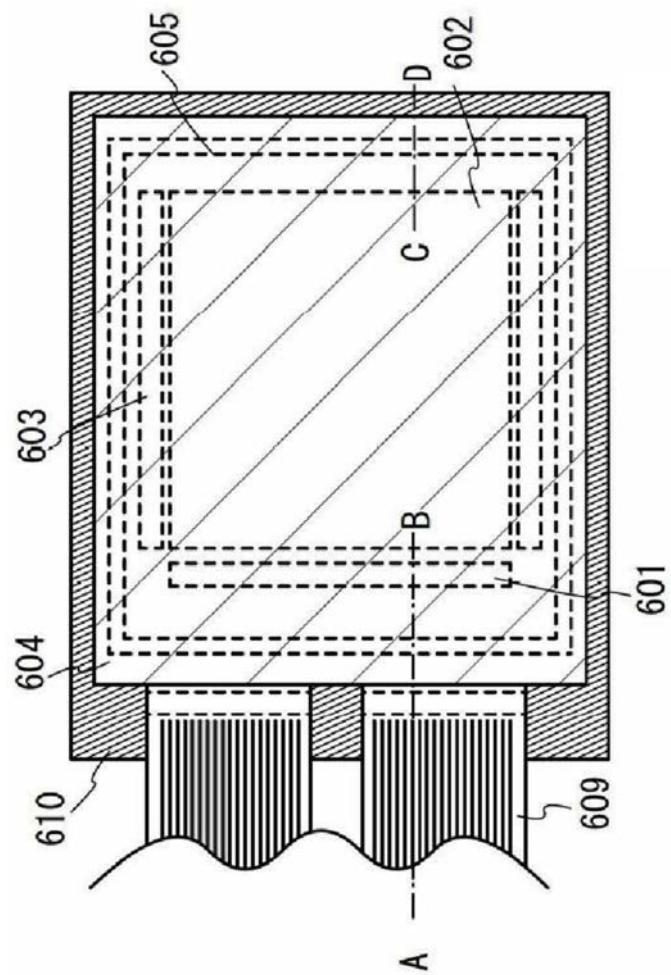


图2A

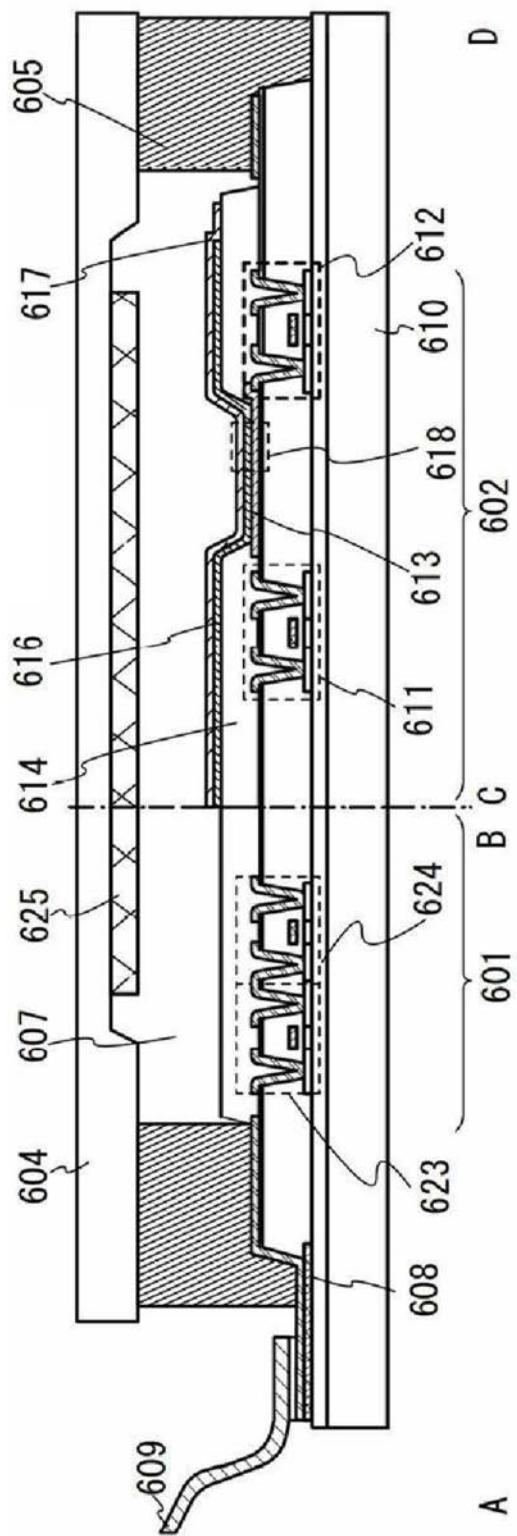


图2B

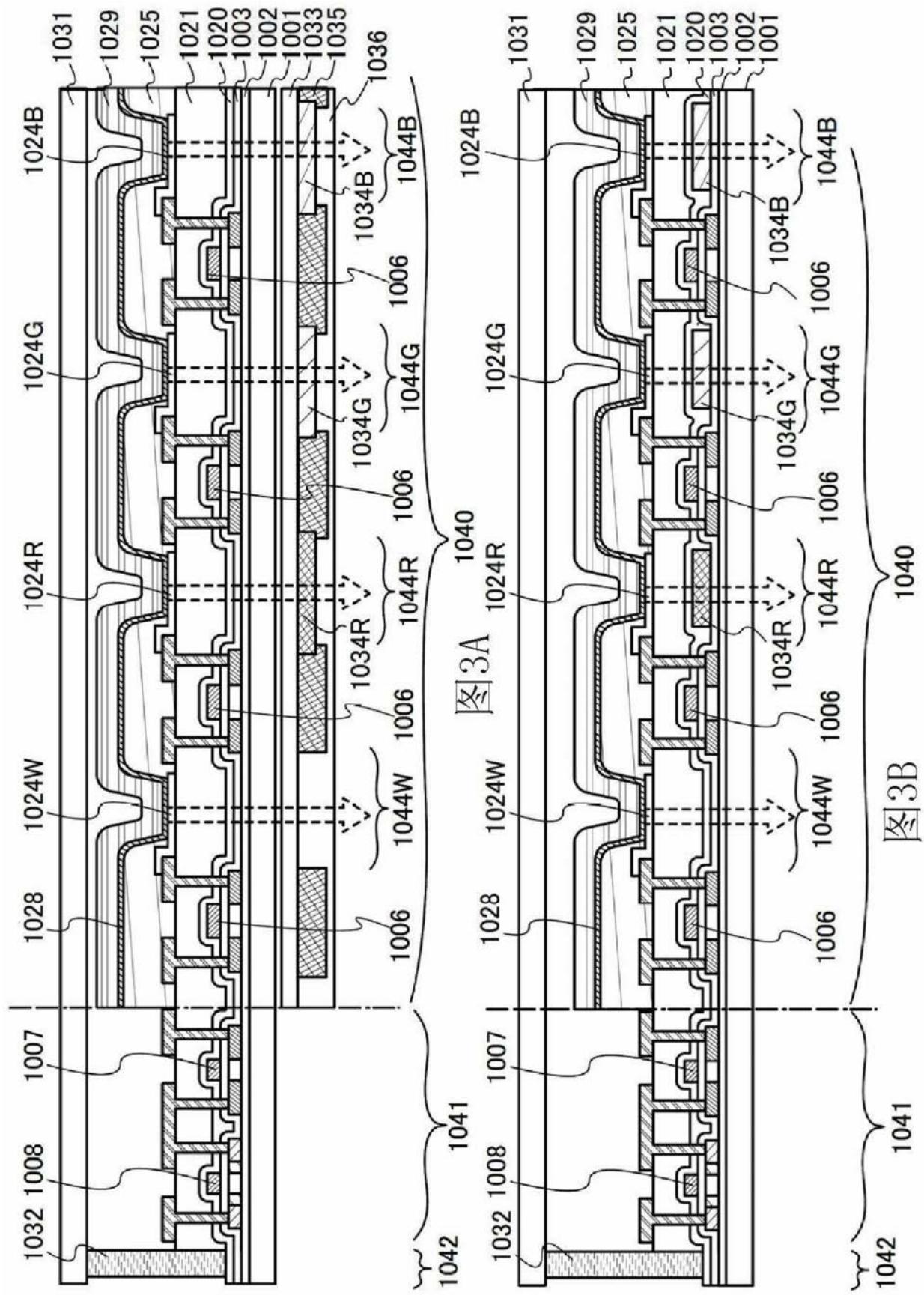


图3A图3B

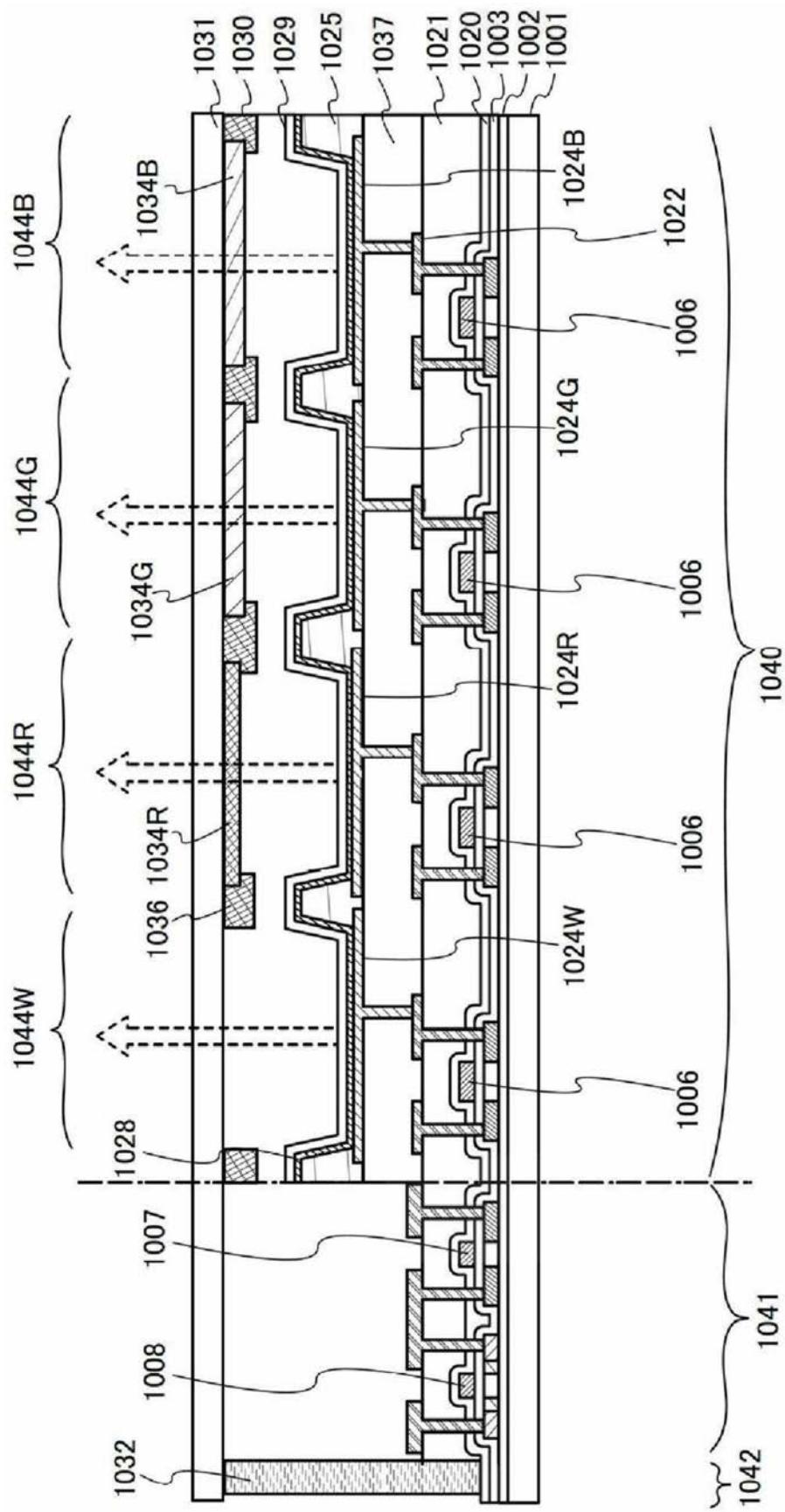


图4

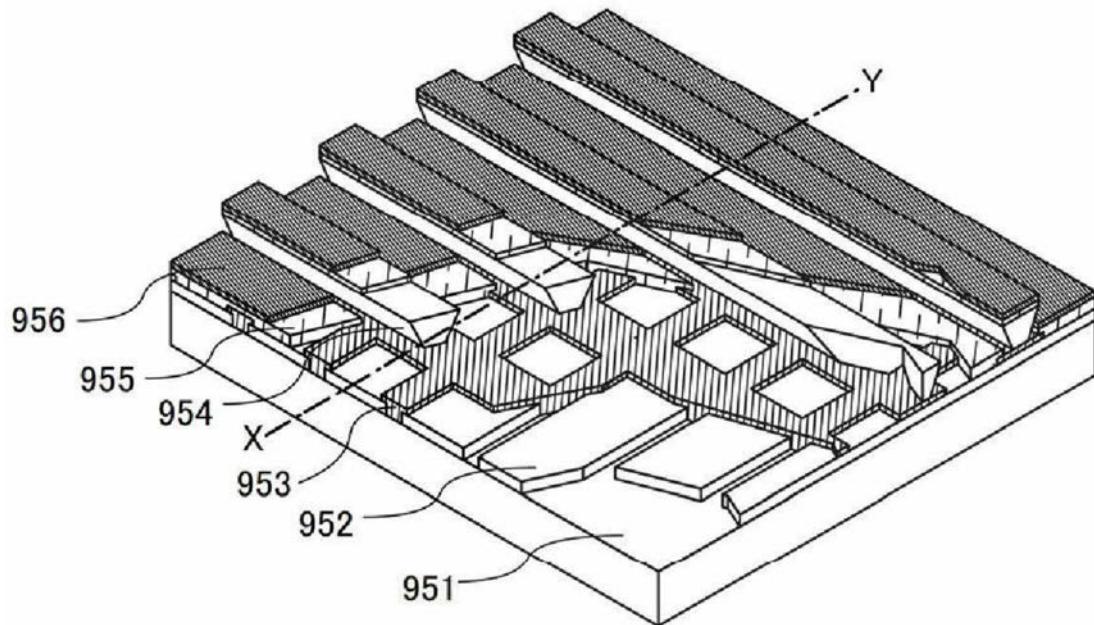


图5A

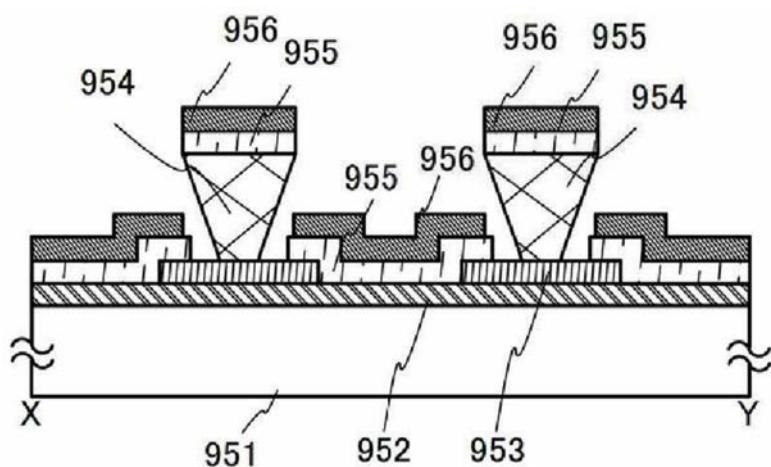


图5B

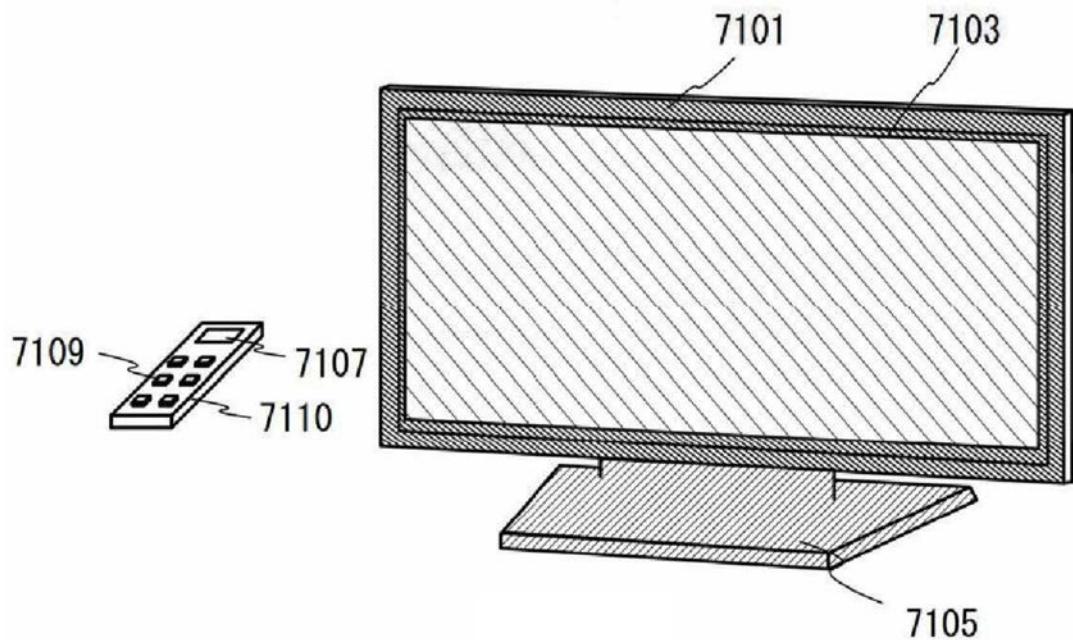


图6A

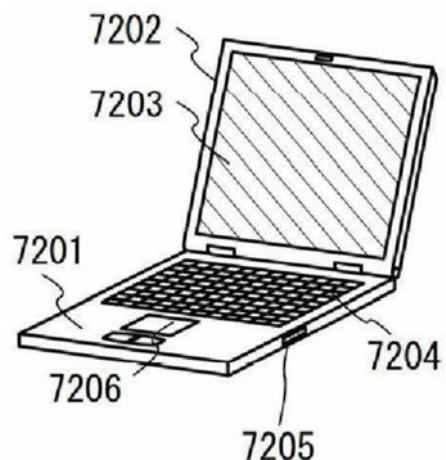


图6B

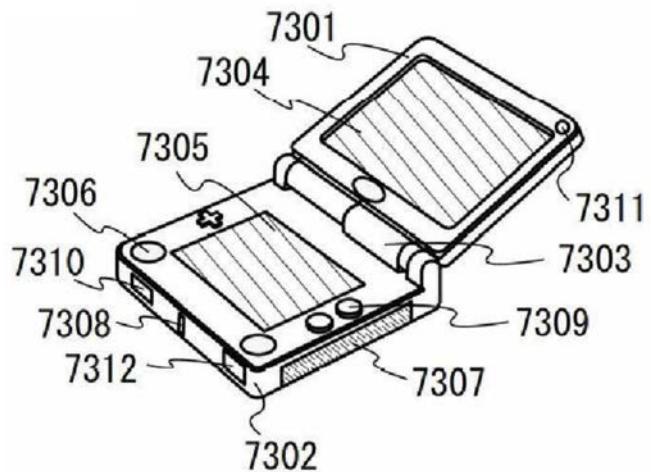


图6C

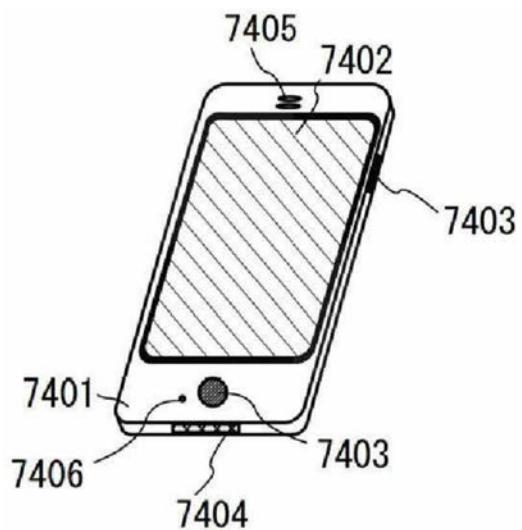


图6D

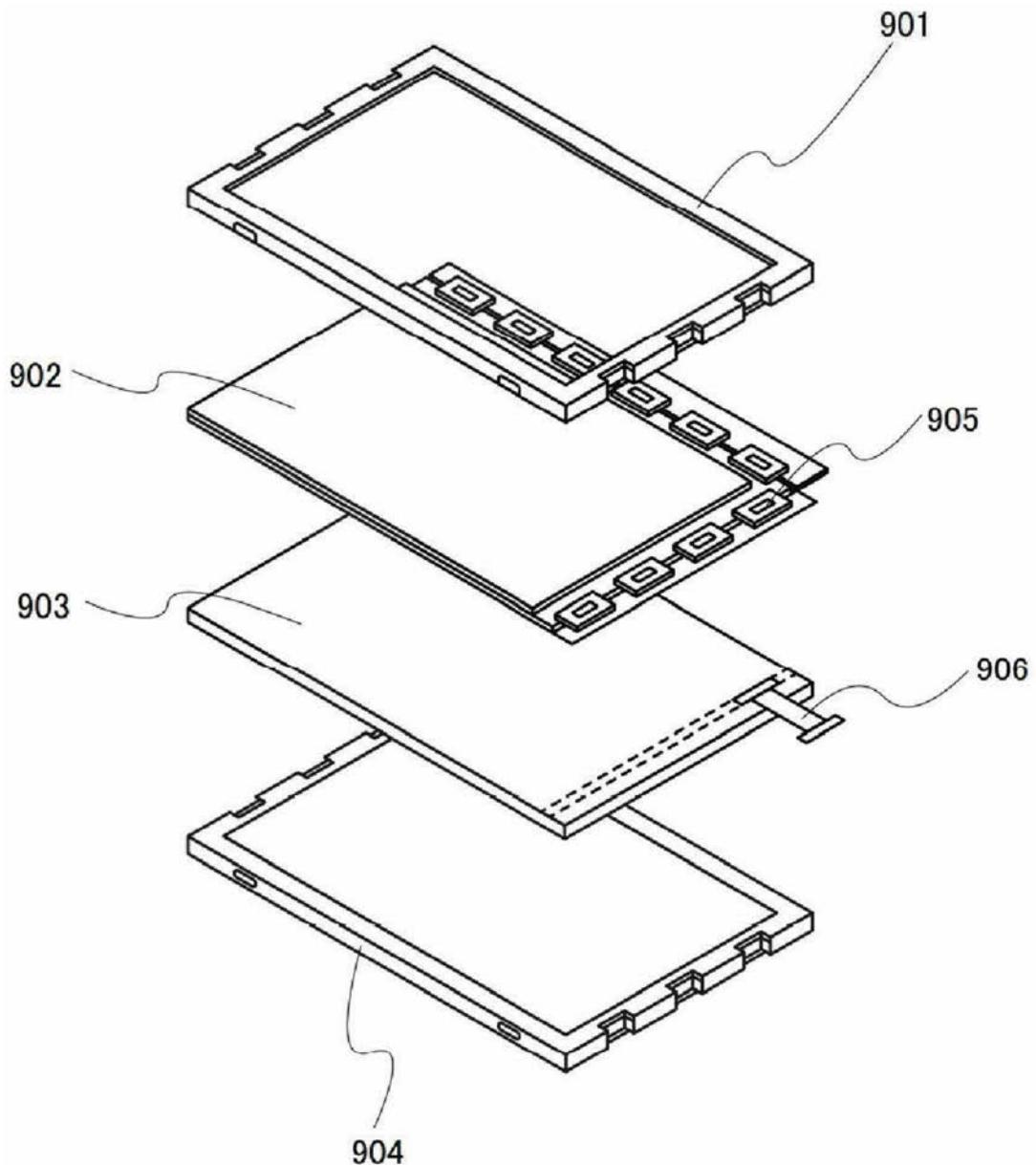


图7

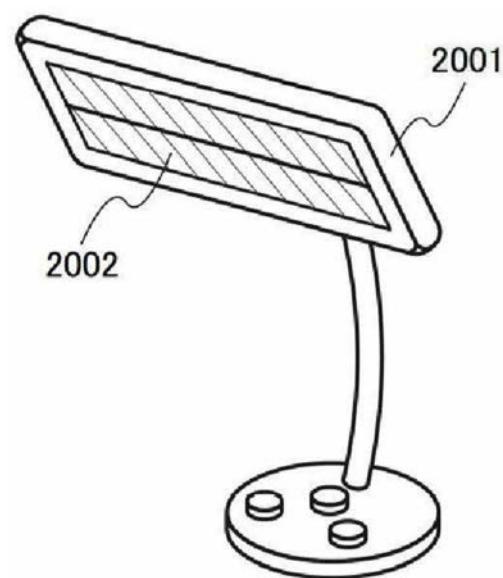


图8

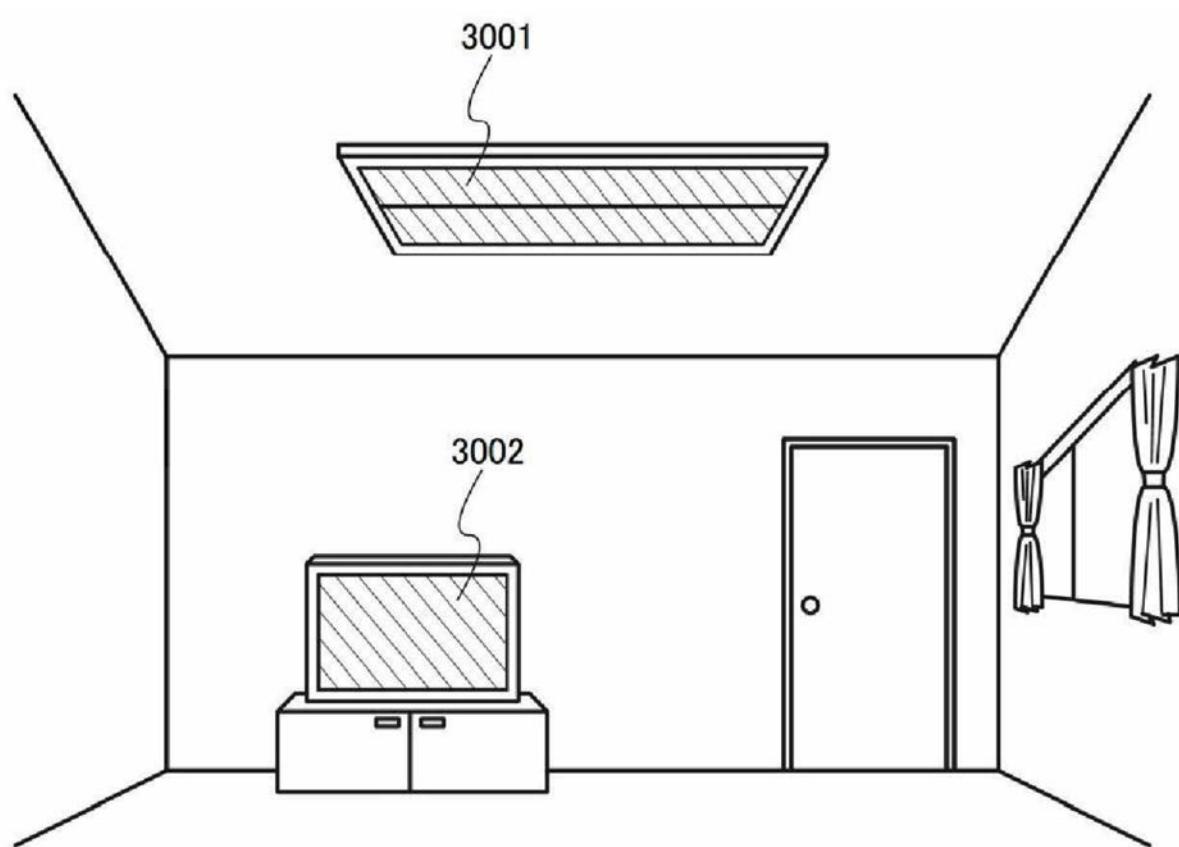


图9

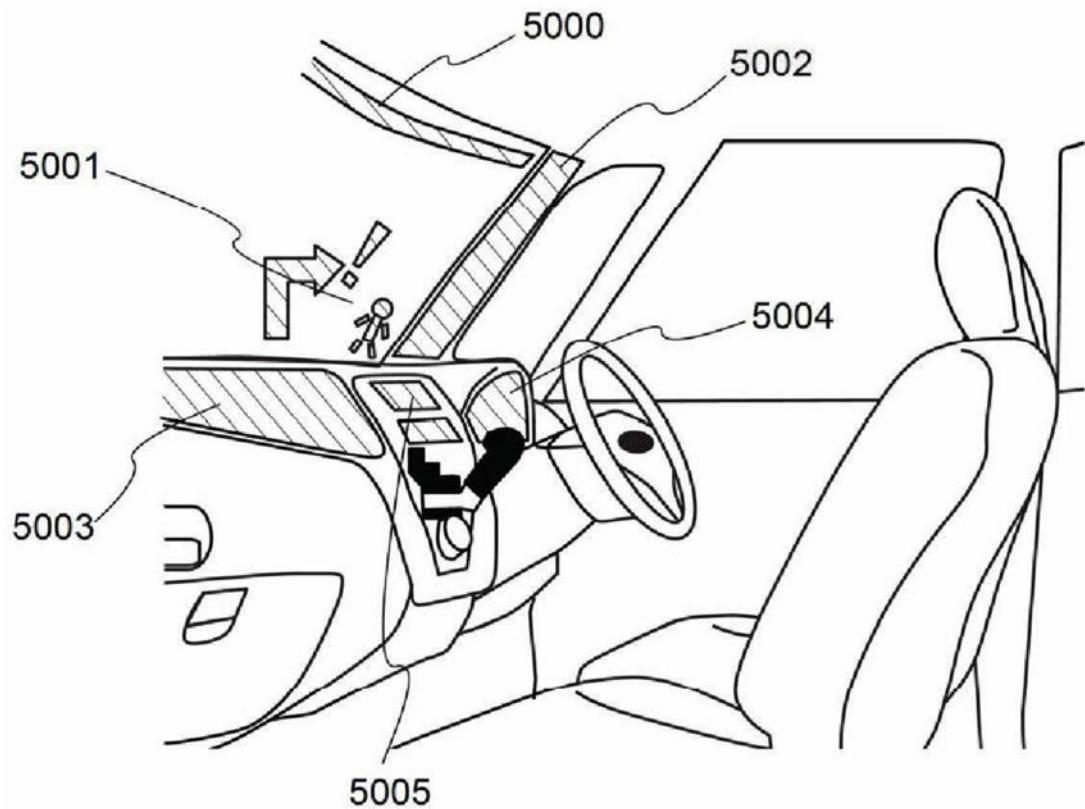
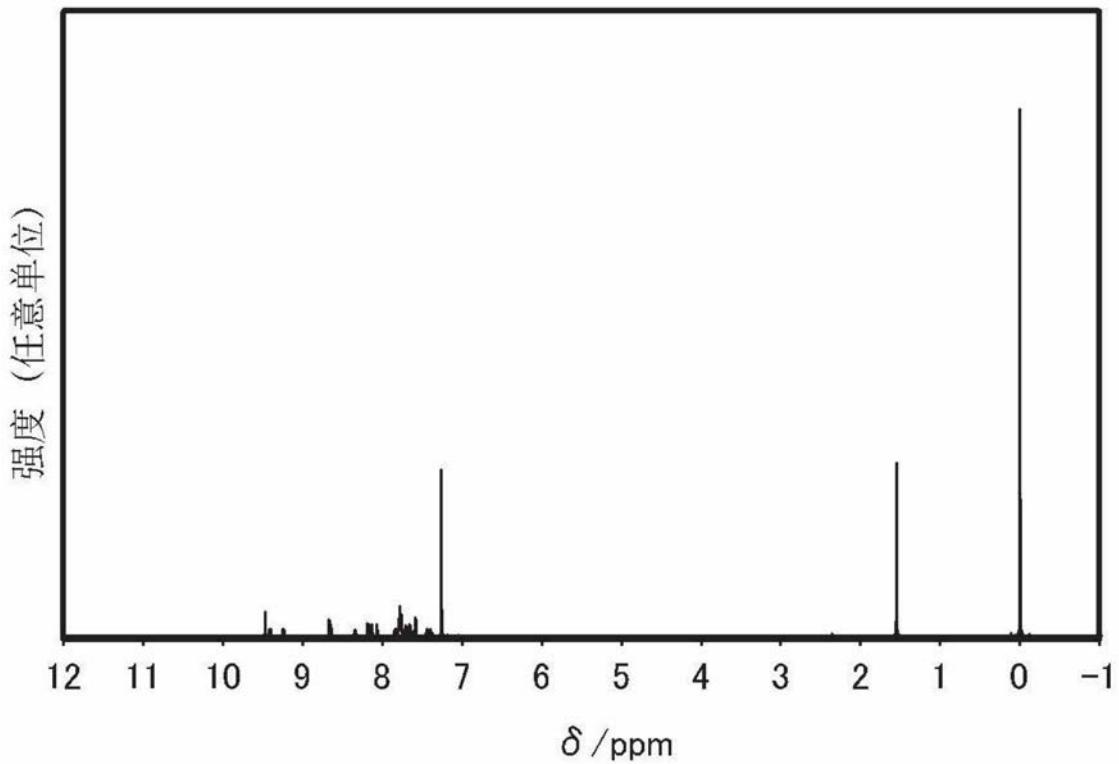


图10



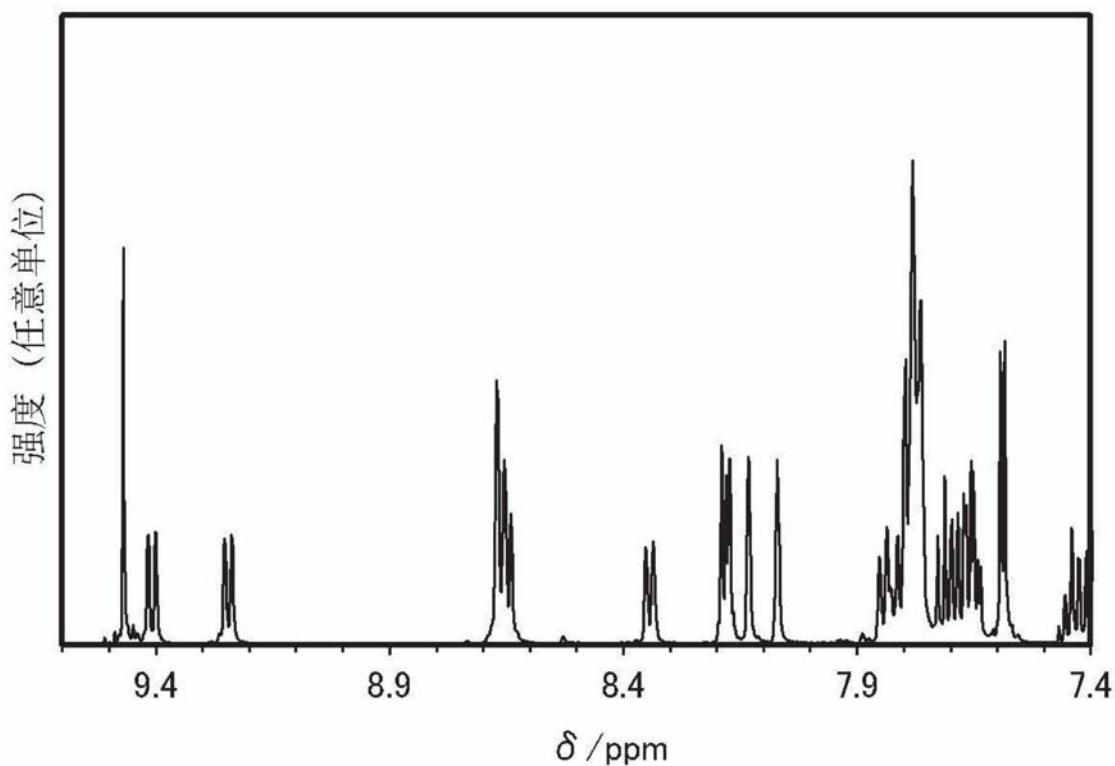


图11B

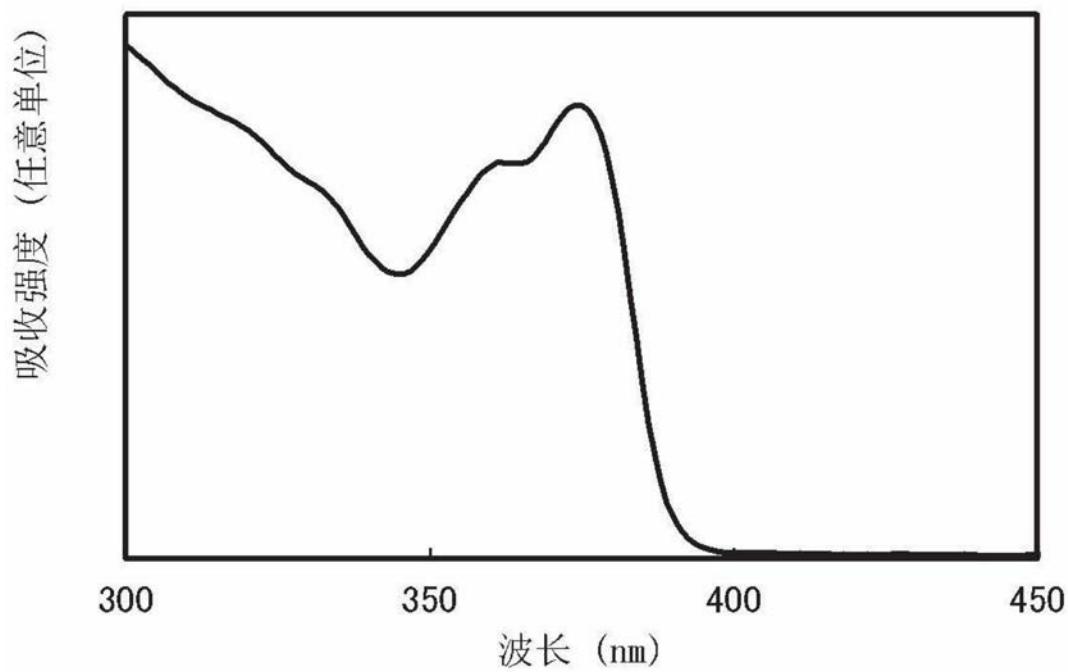


图12

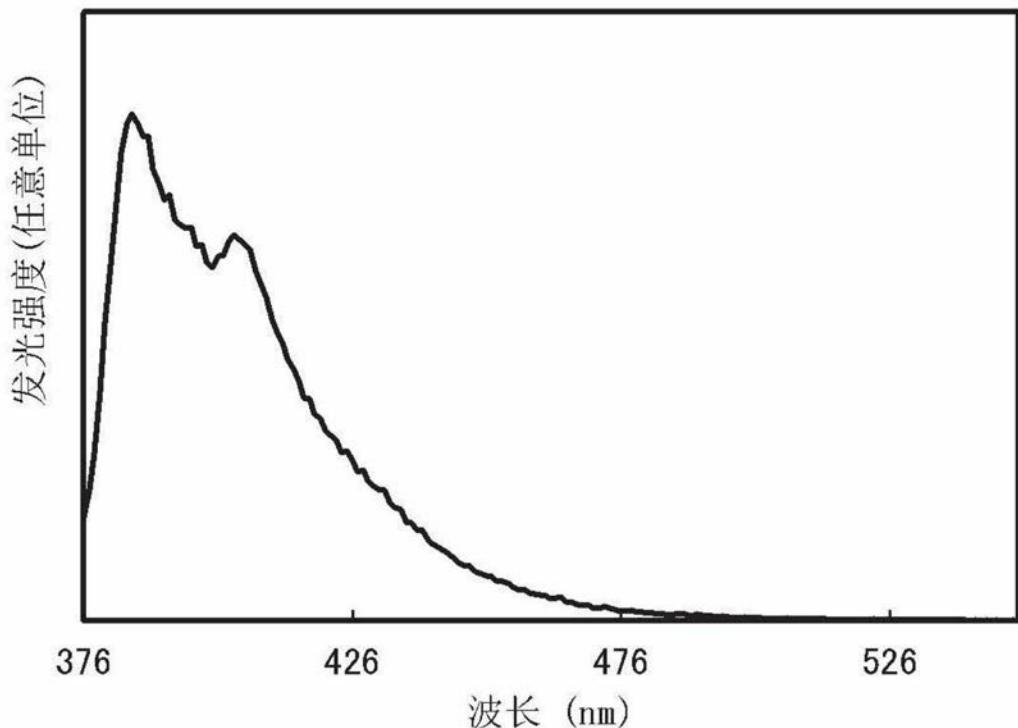


图13

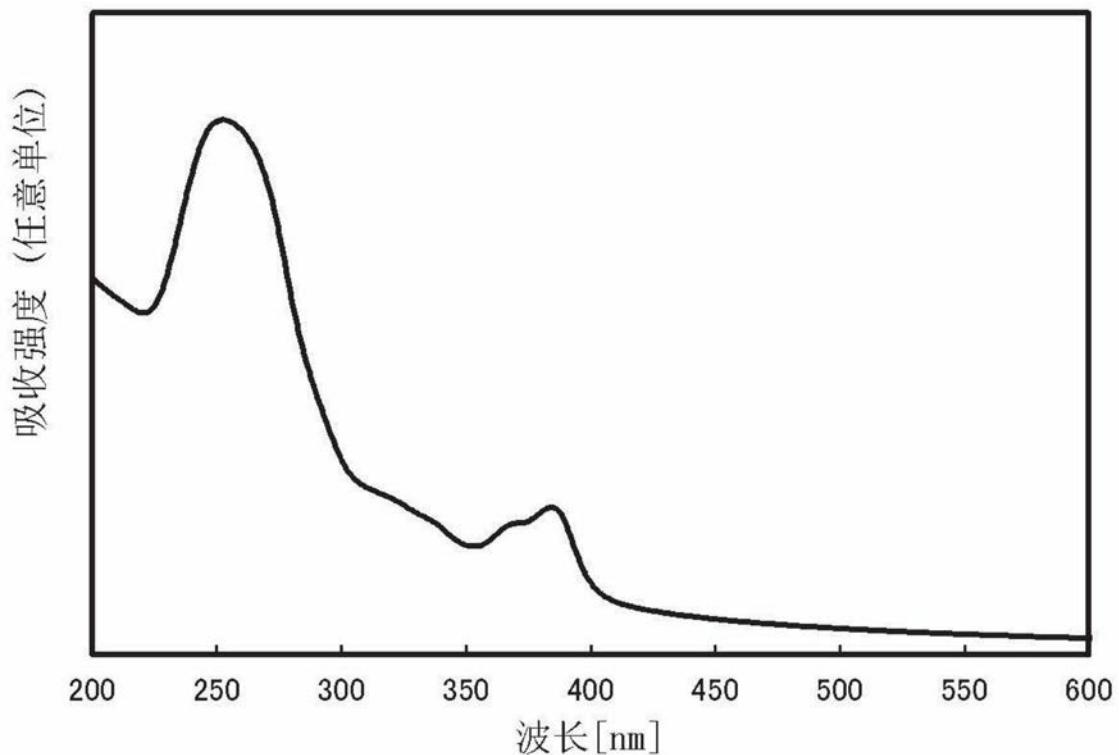


图14

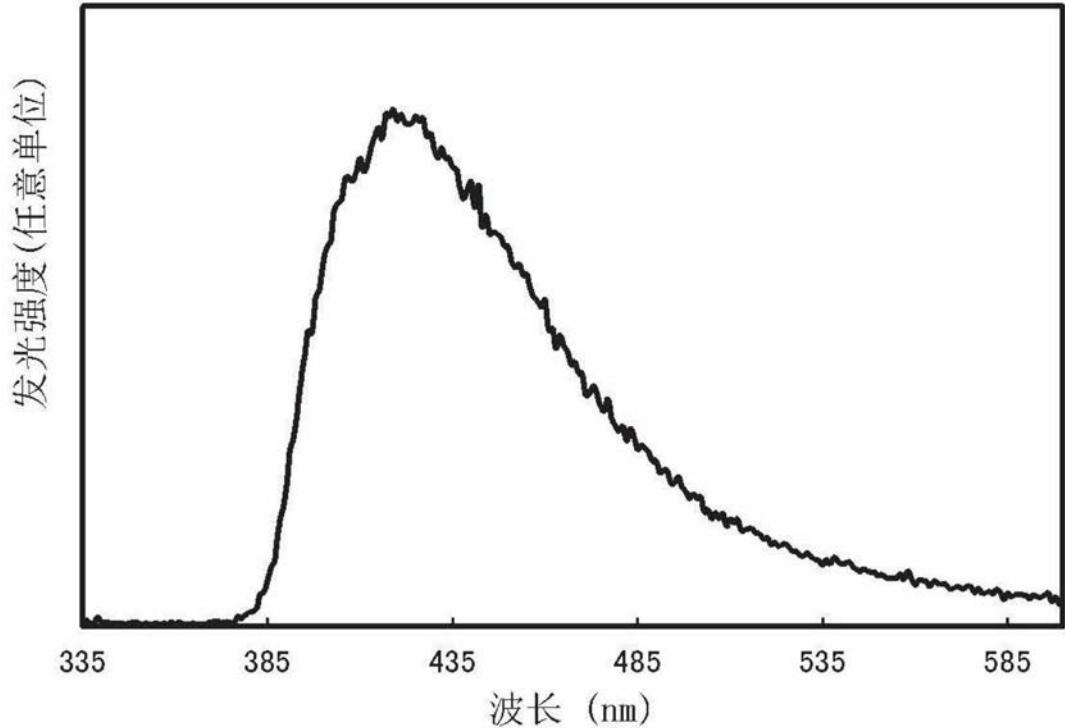


图15

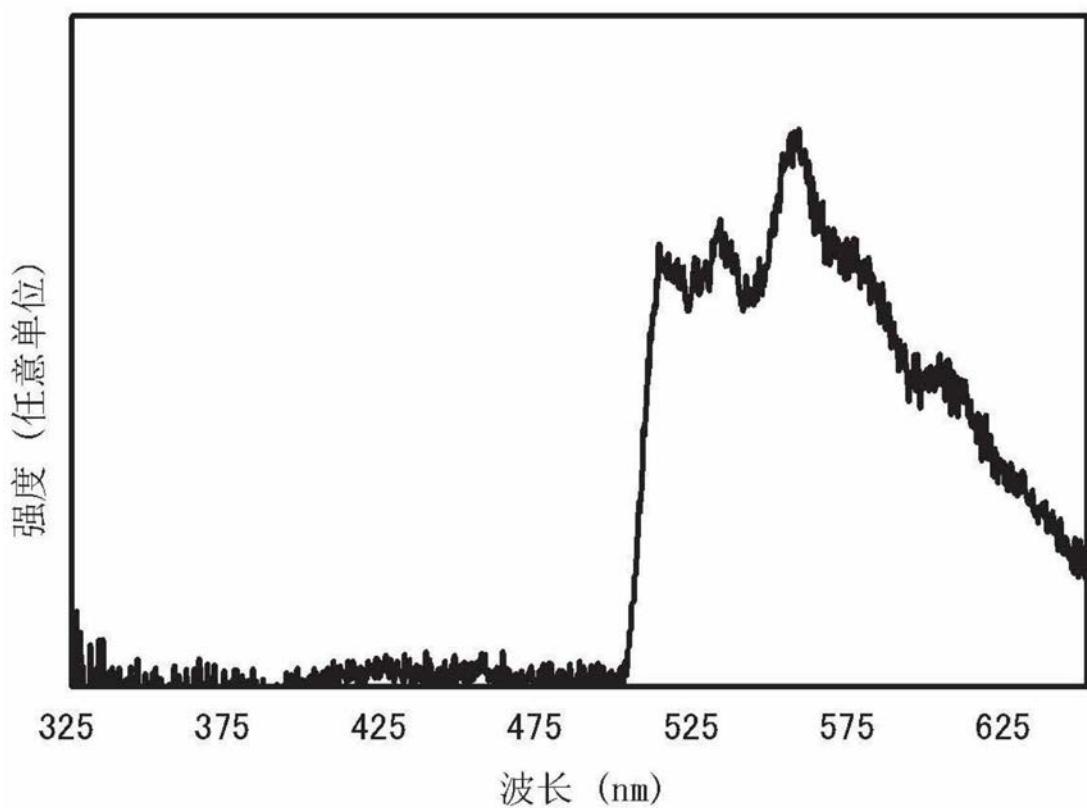


图16

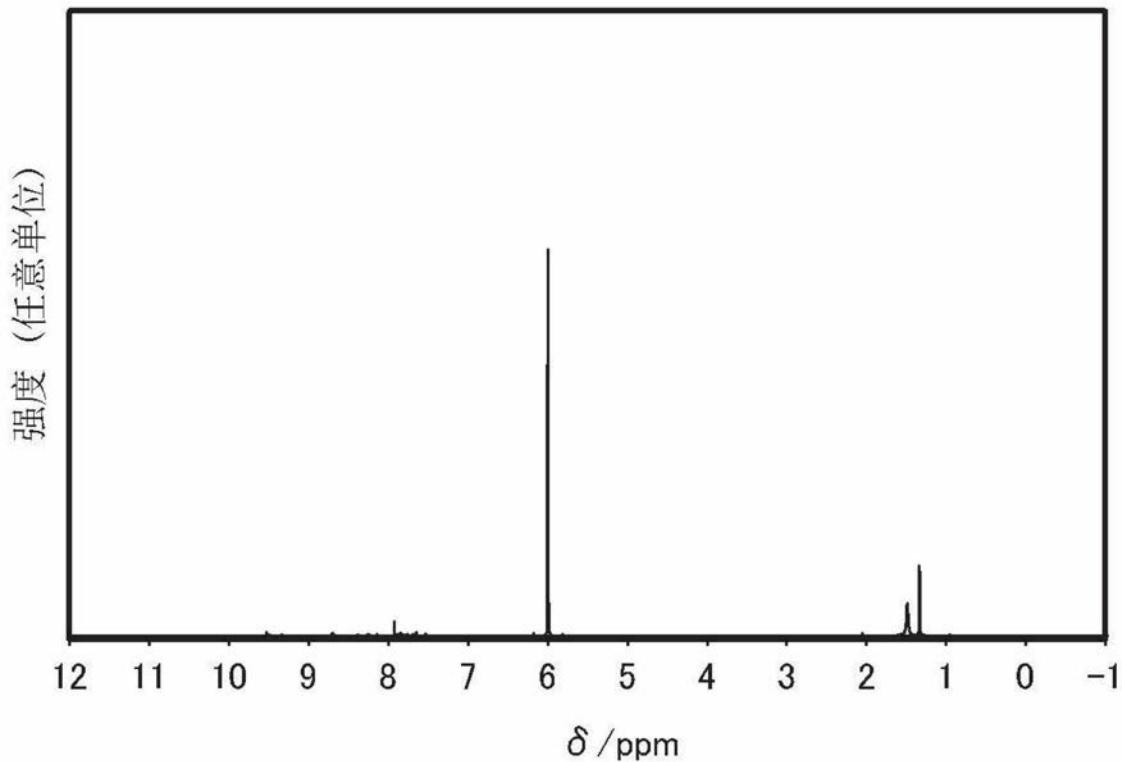


图17A

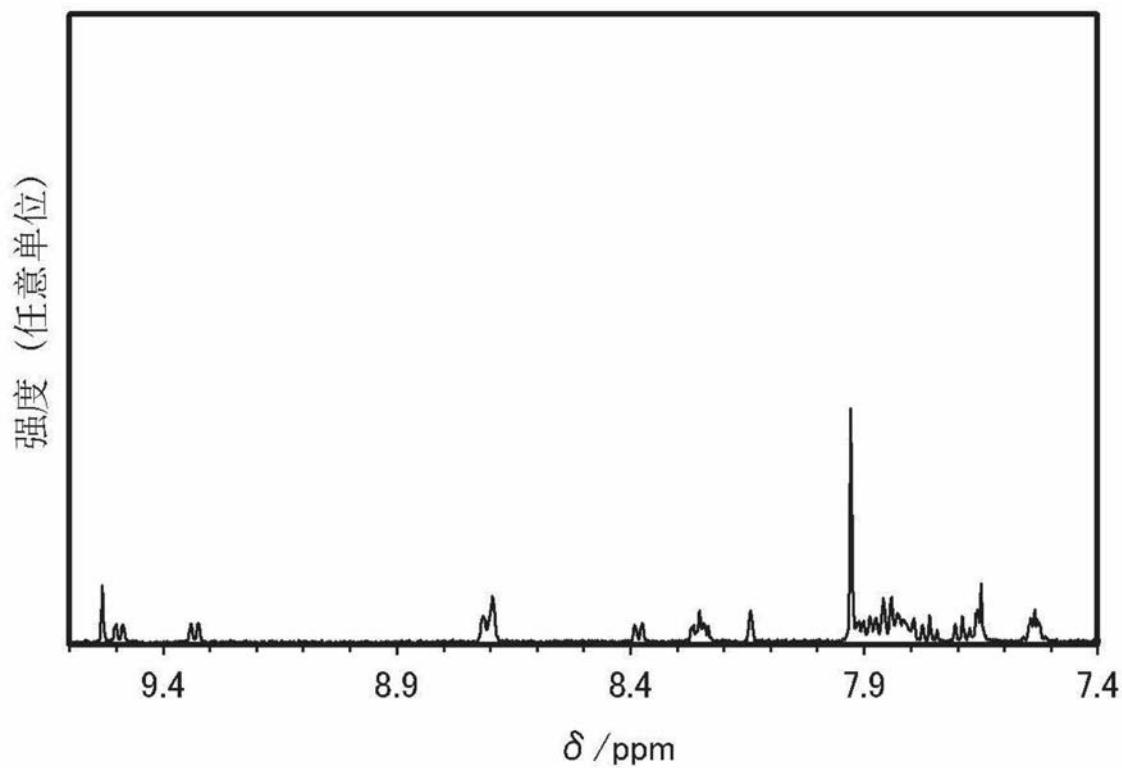


图17B

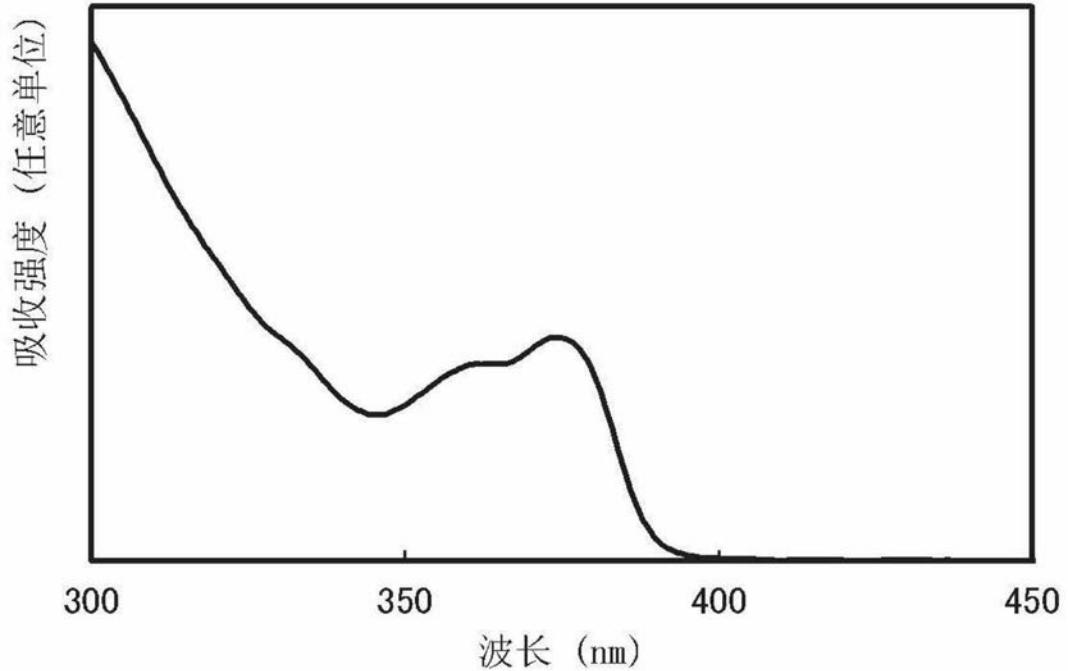


图18

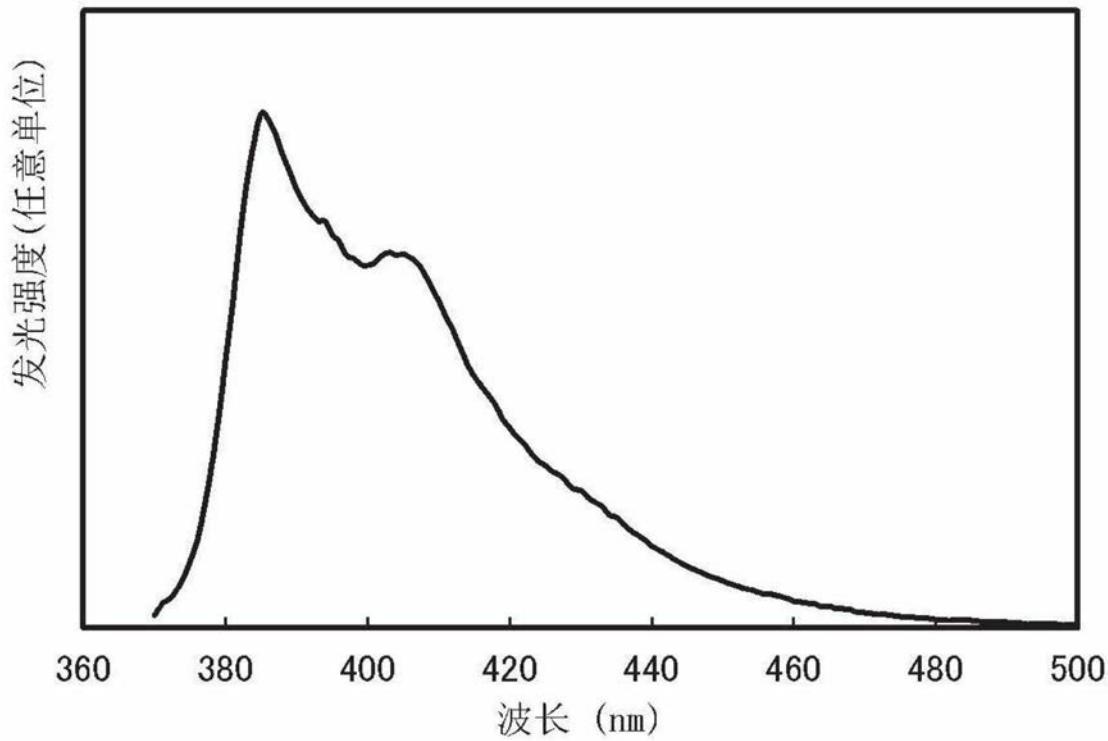


图19

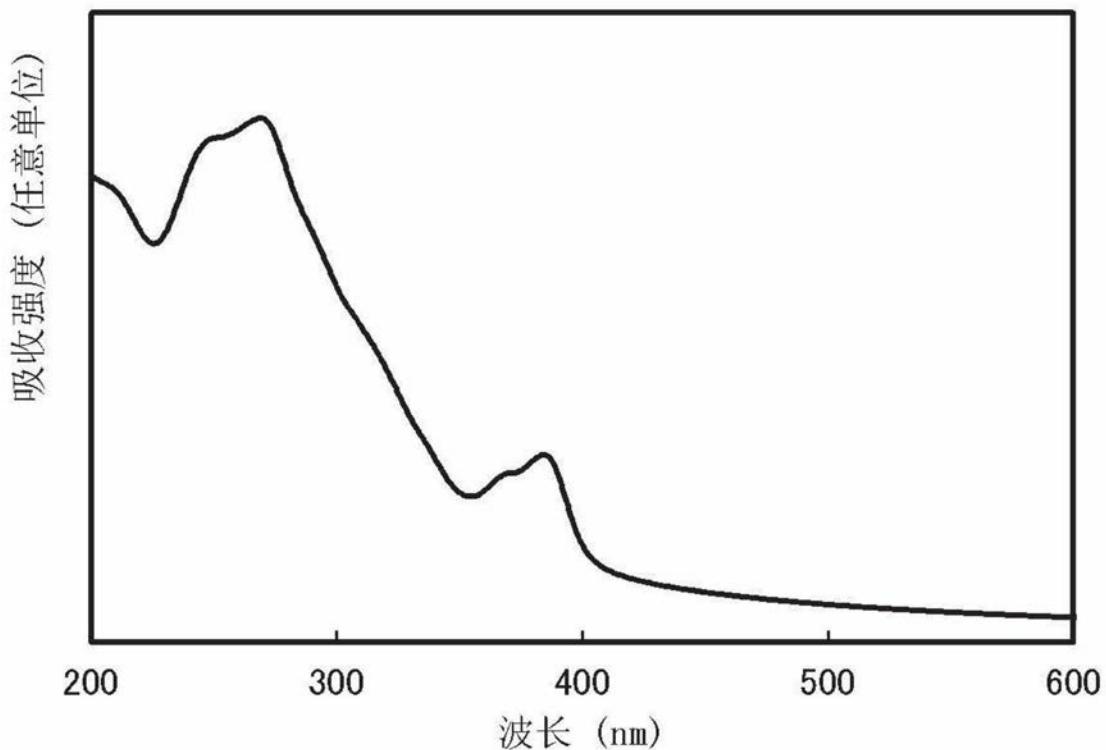


图20

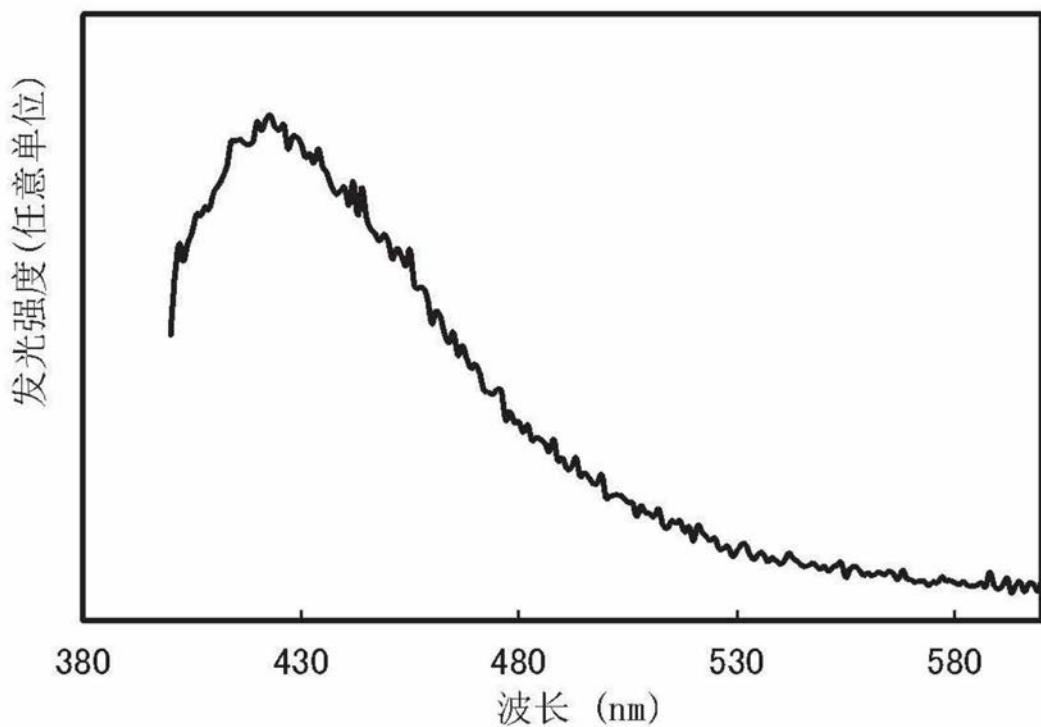


图21

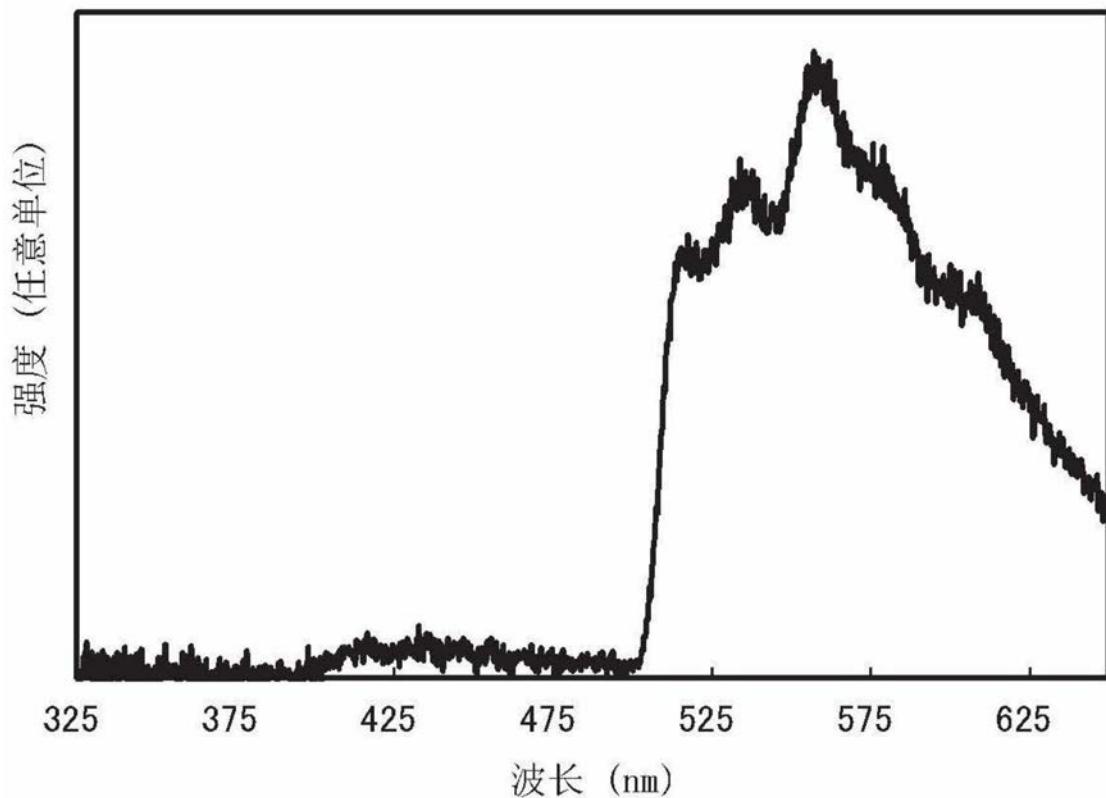


图22

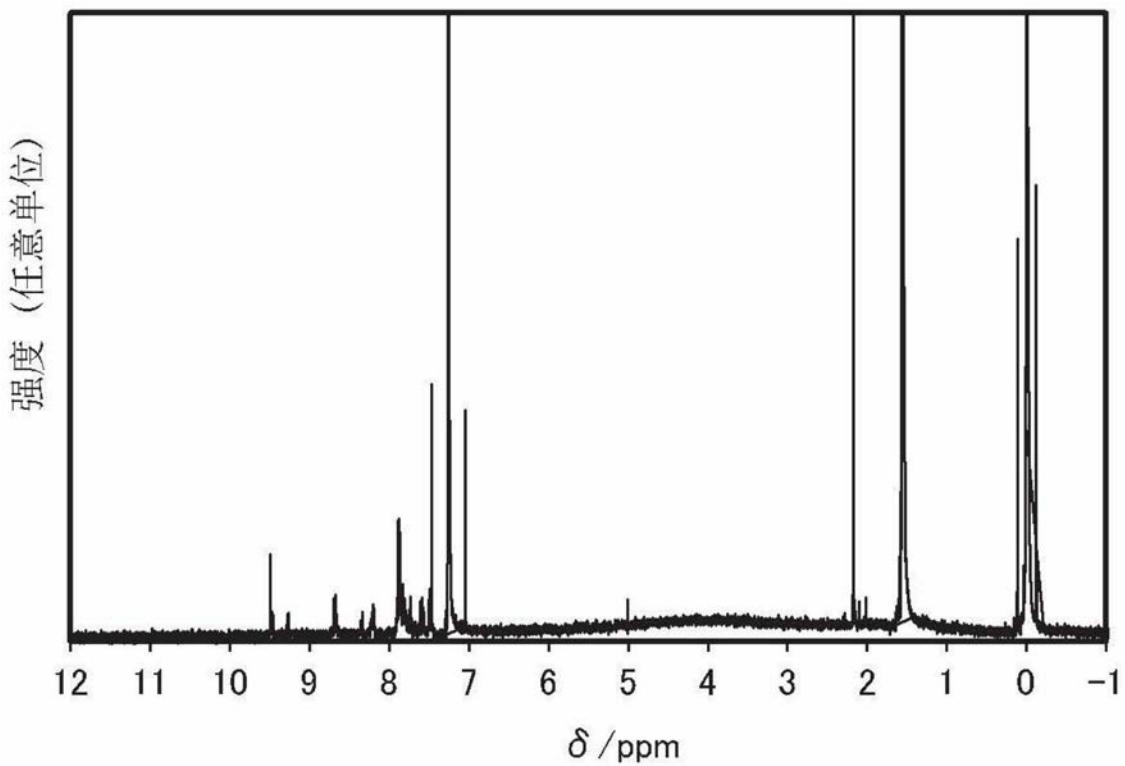


图23A

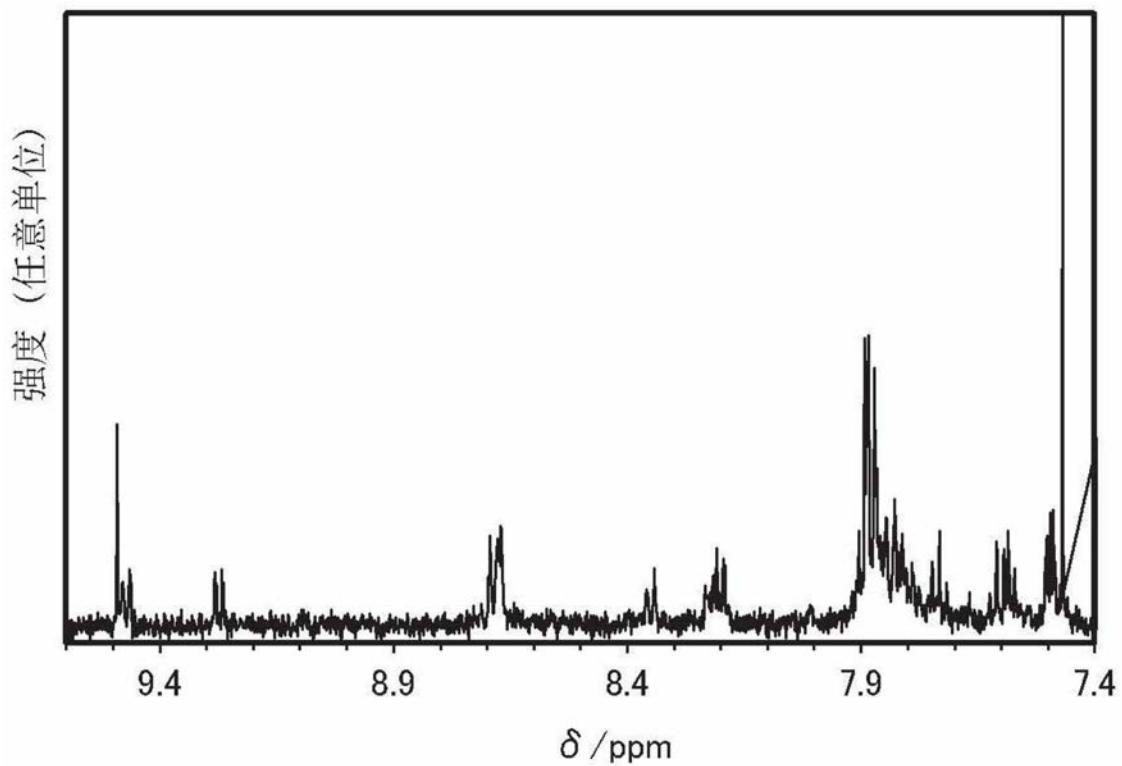


图23B

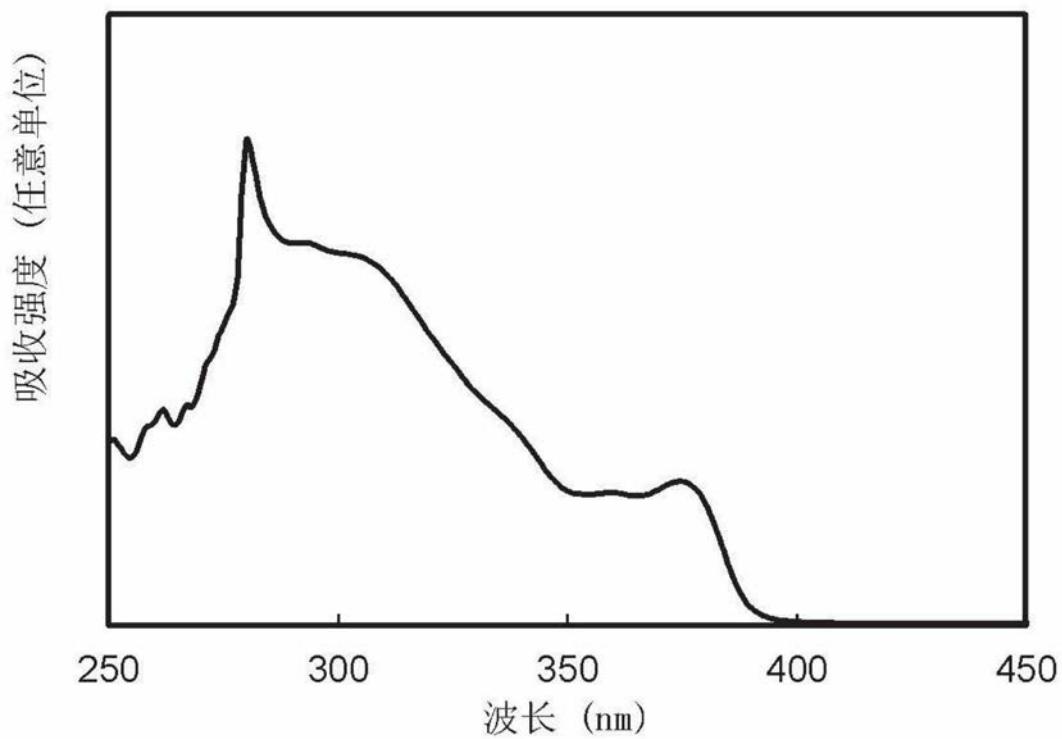


图24

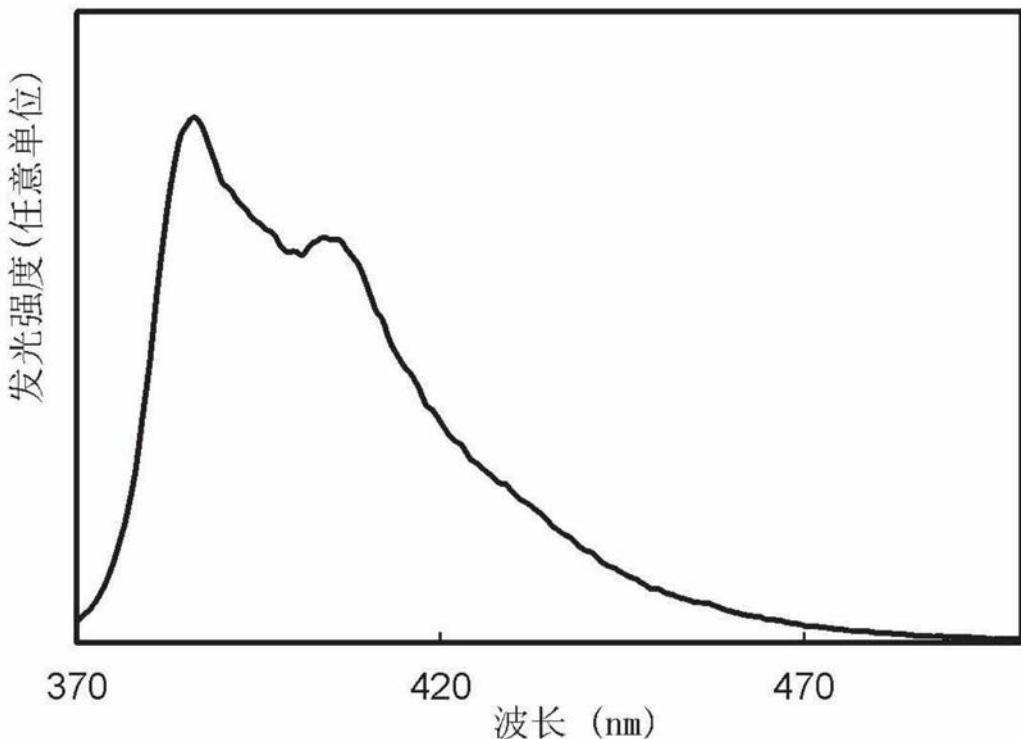


图25

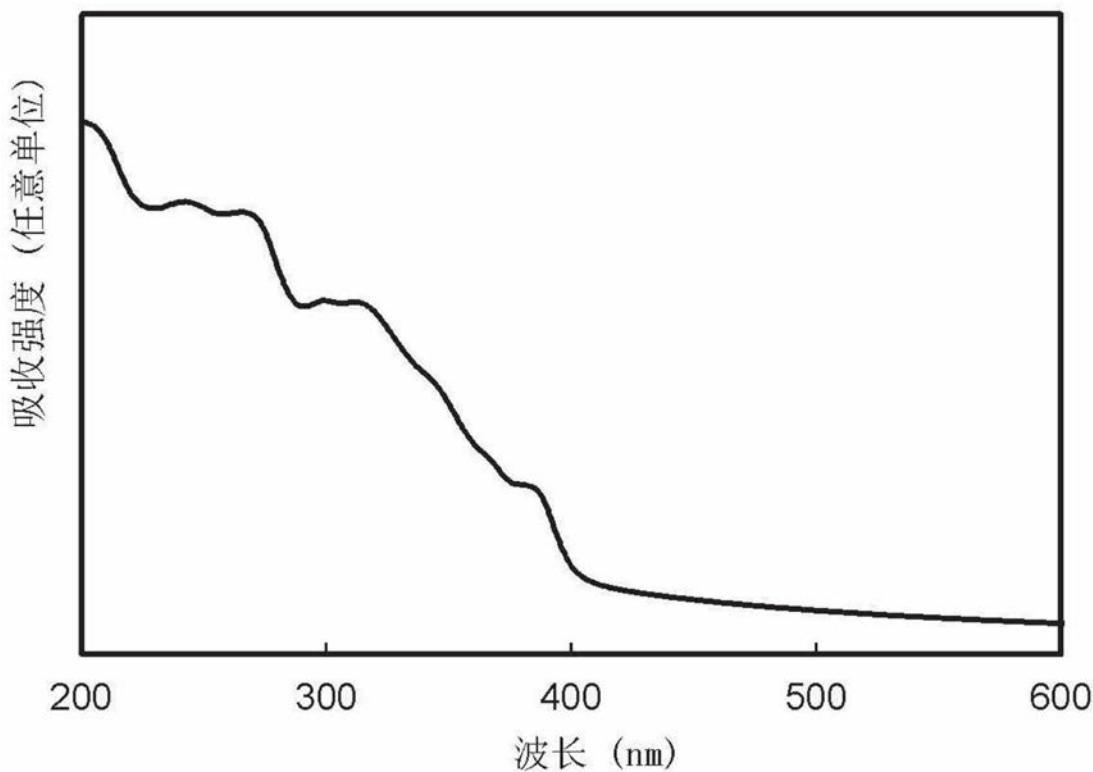


图26

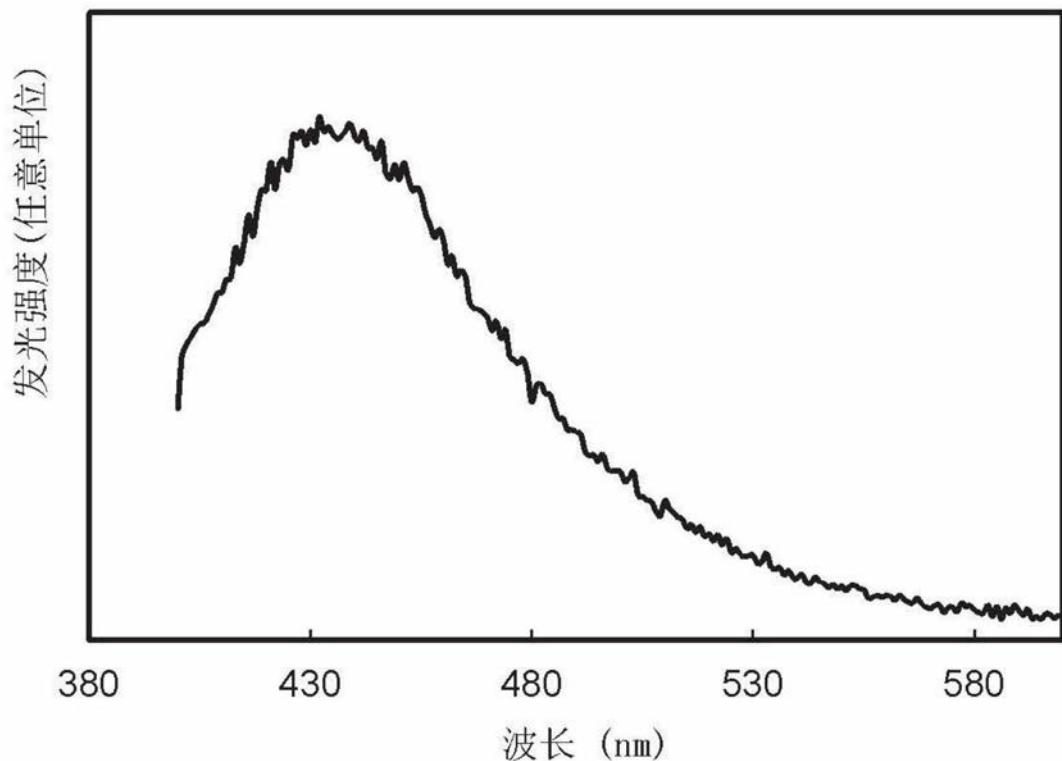


图27

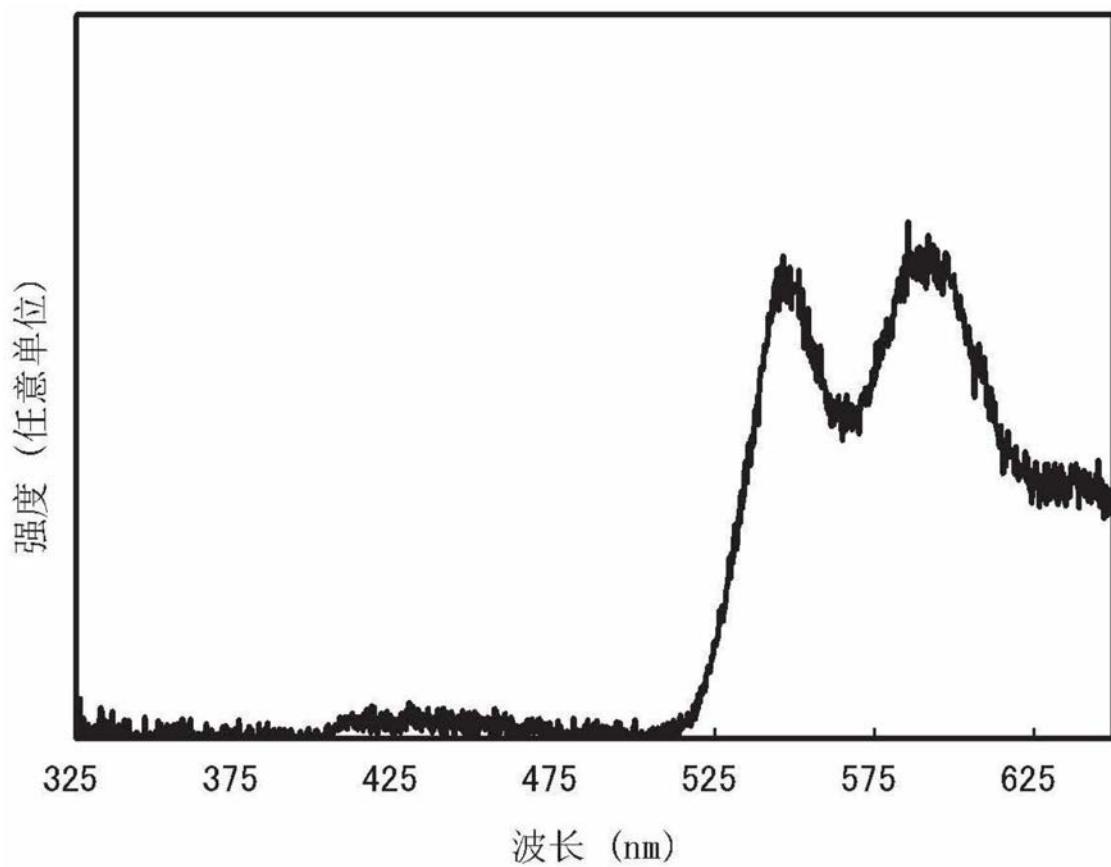


图28

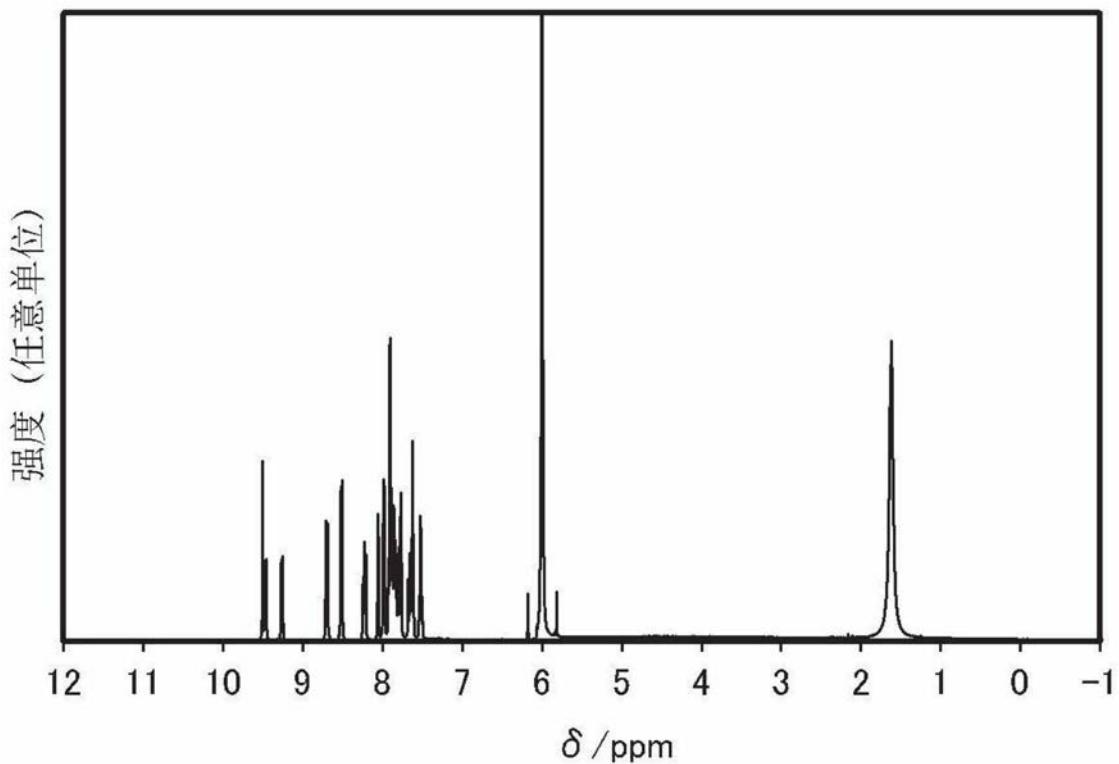


图29A

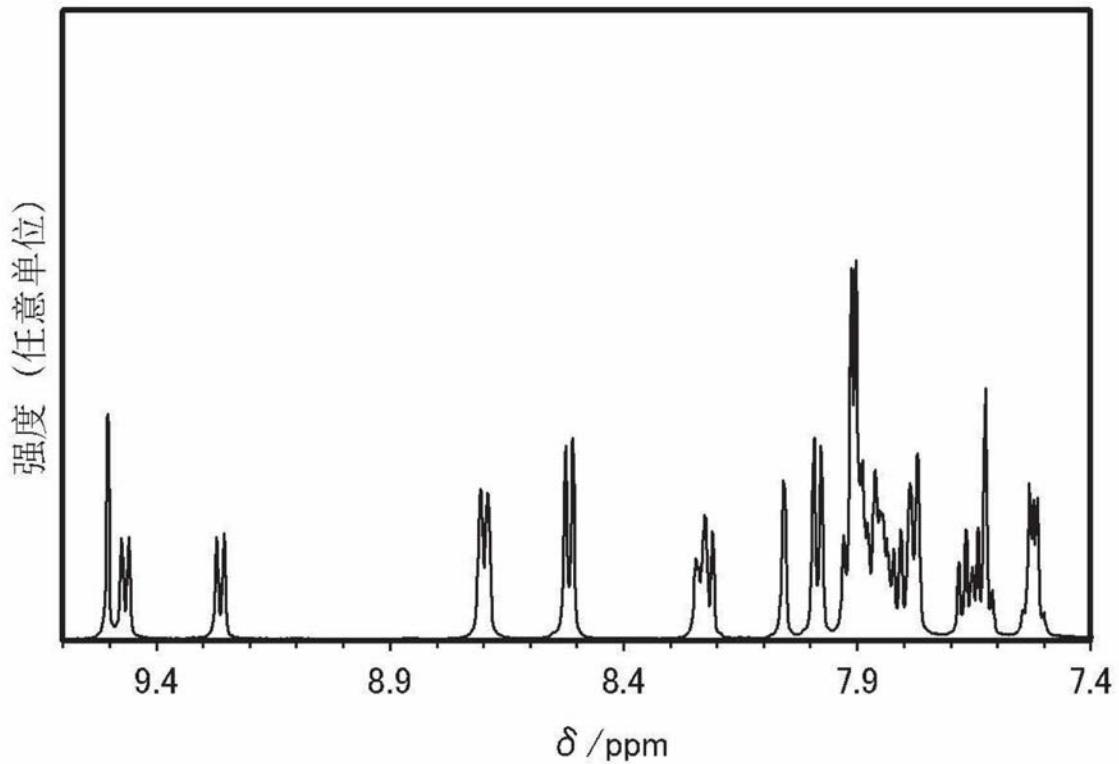


图29B

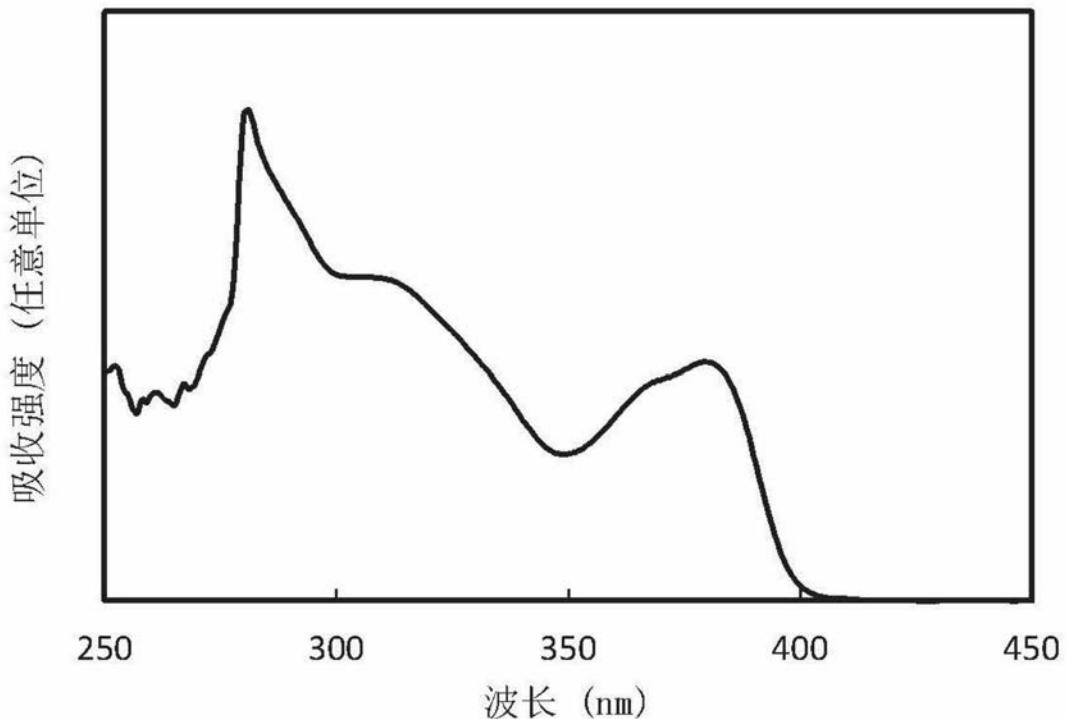


图30

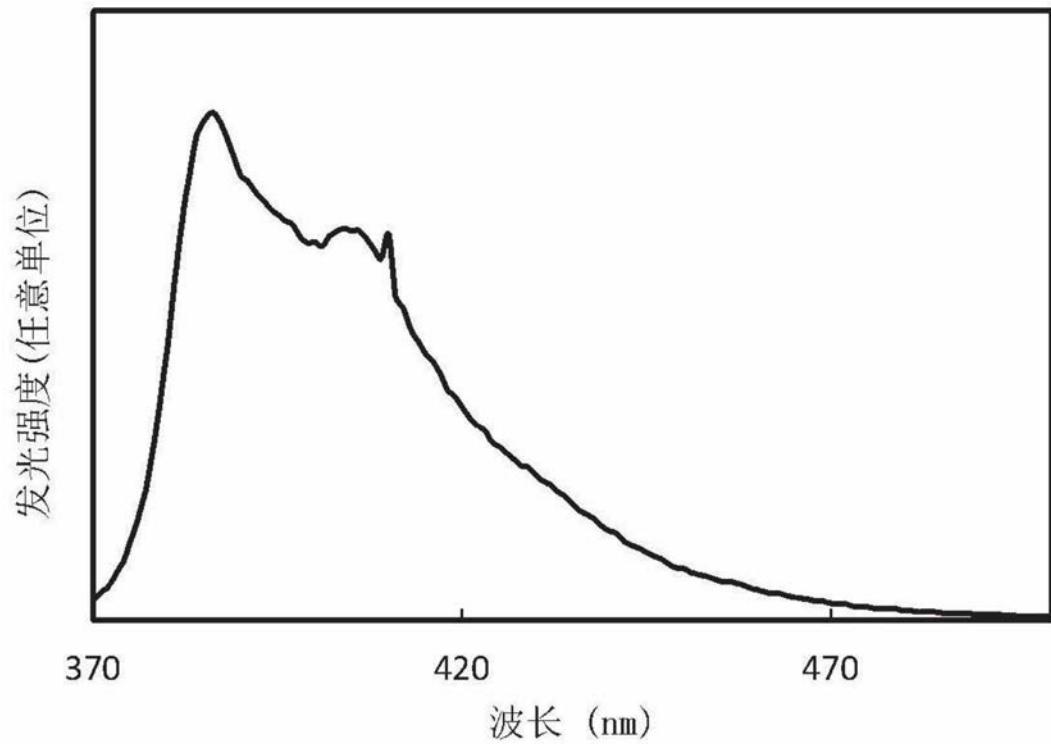


图31

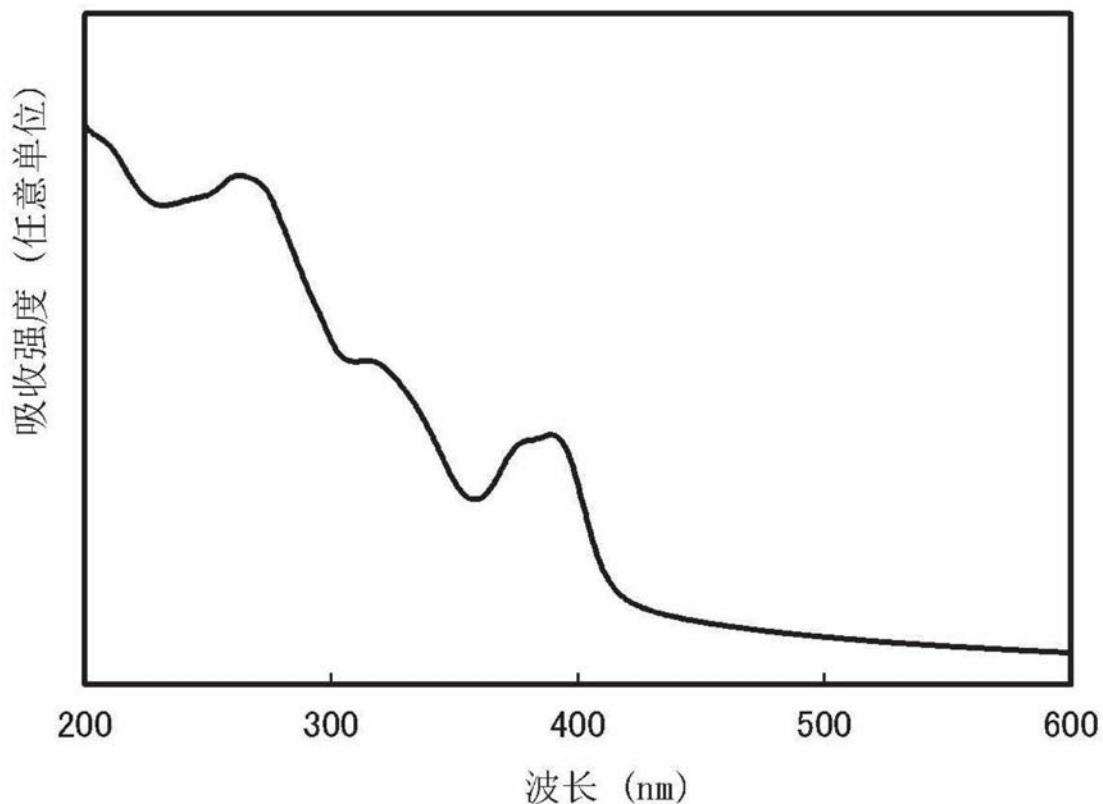


图32

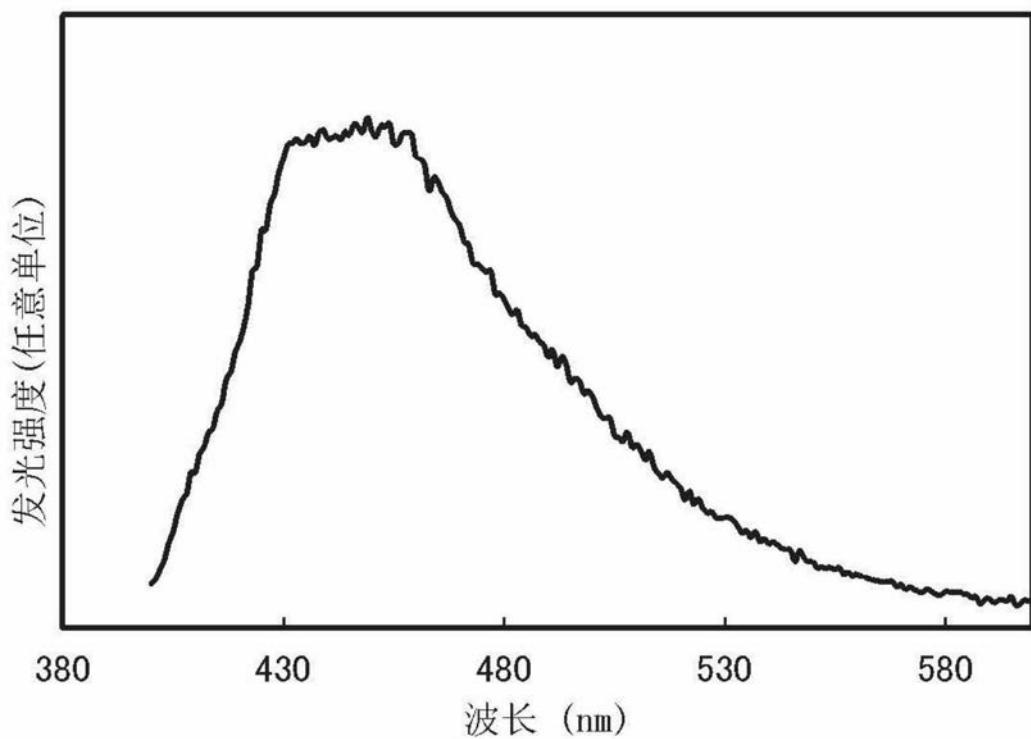


图33

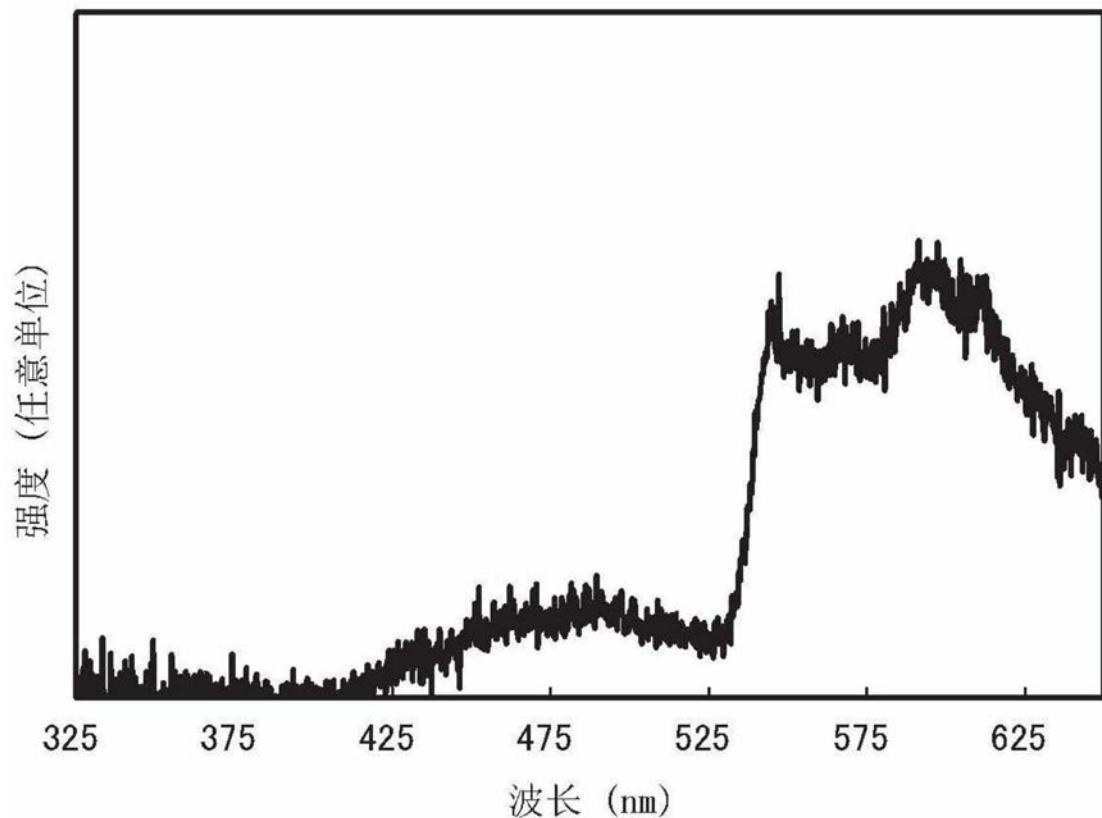


图34

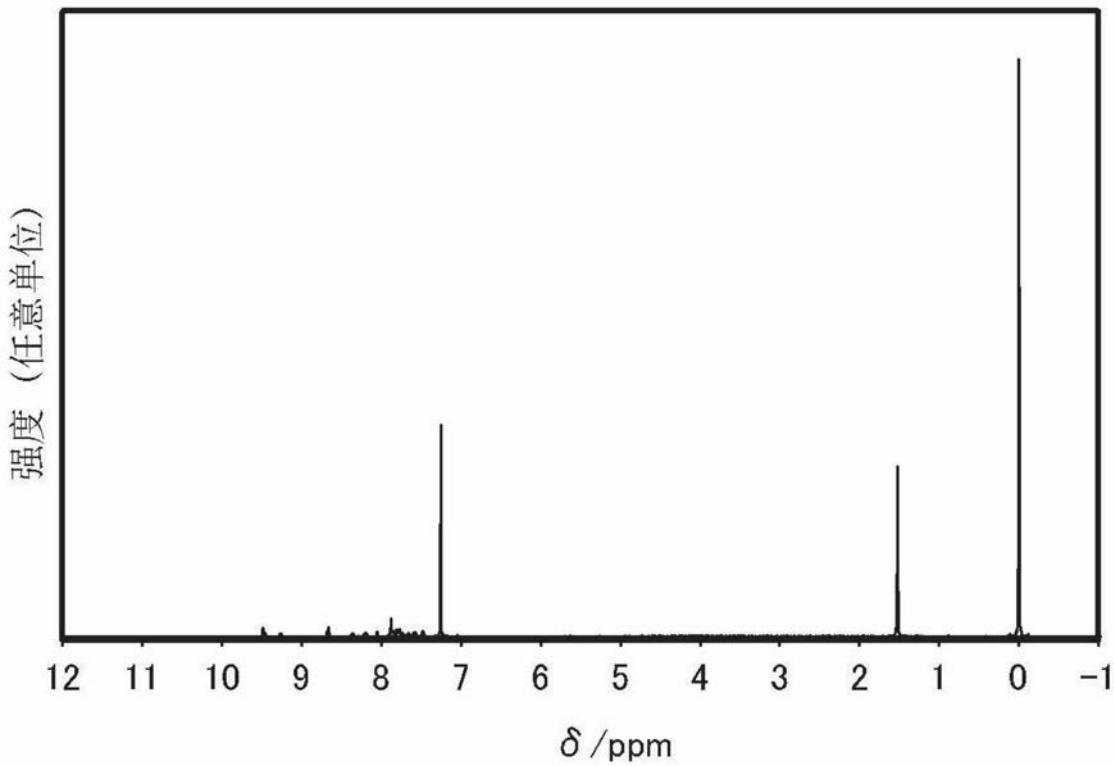


图35A

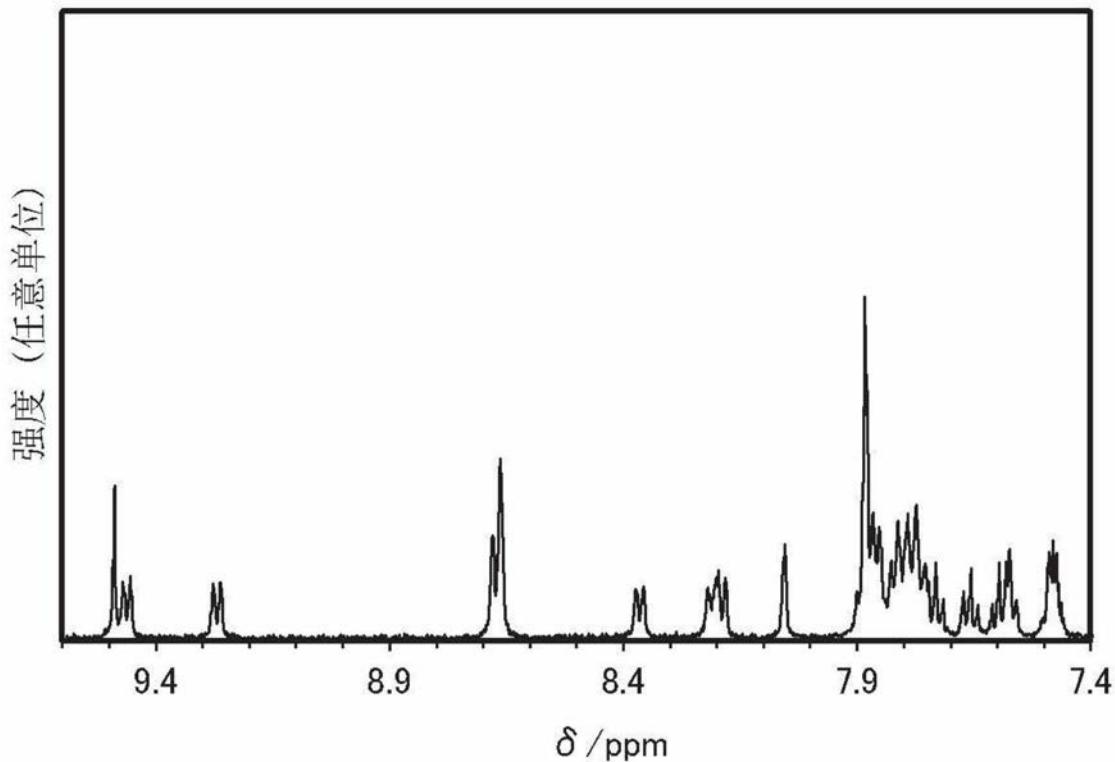


图35B

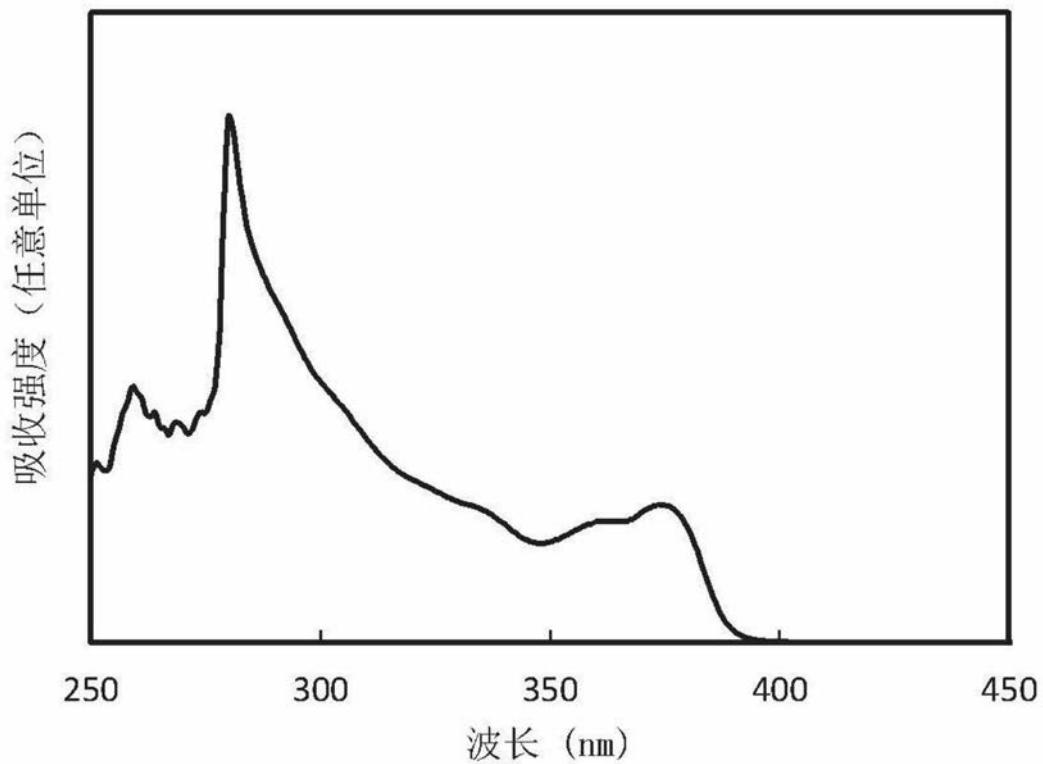


图36

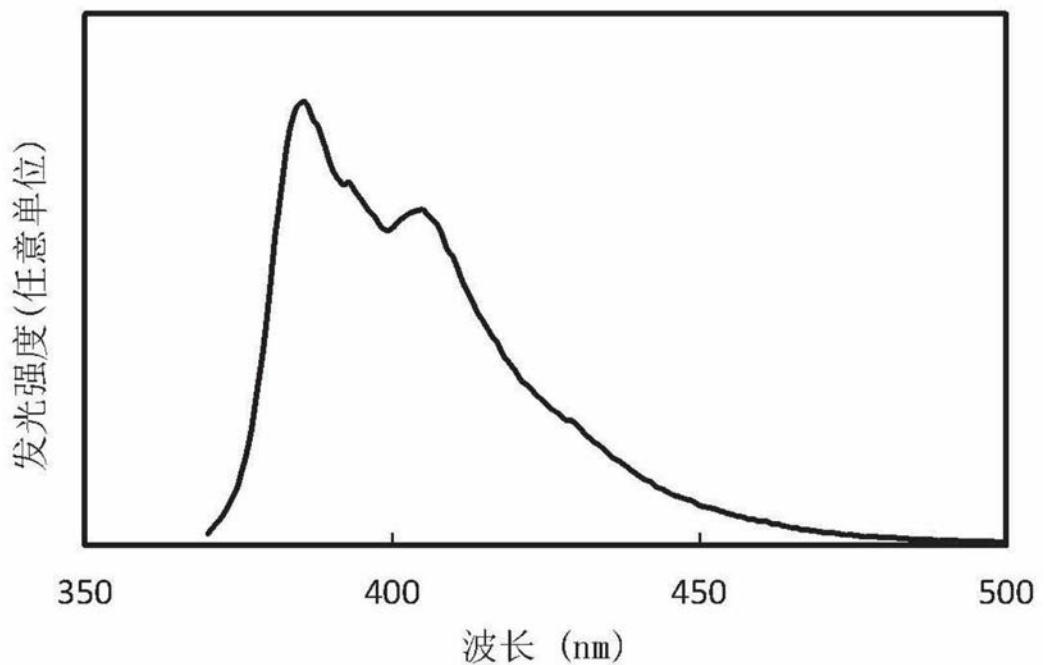


图37

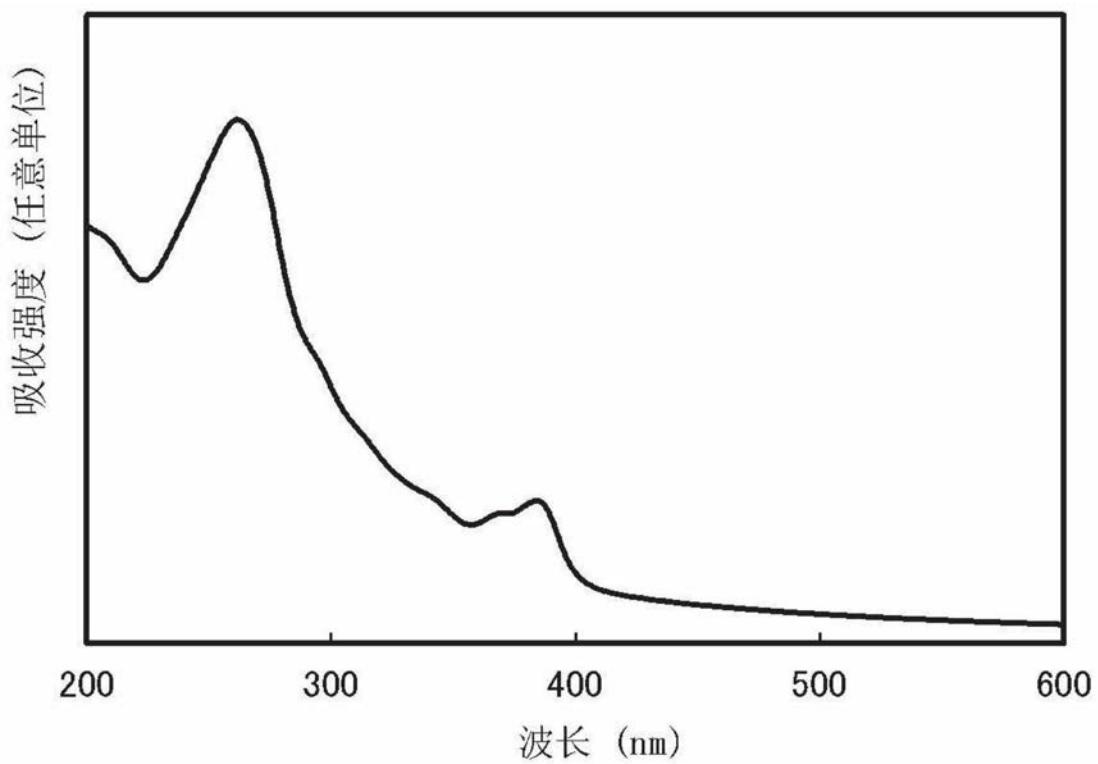


图38

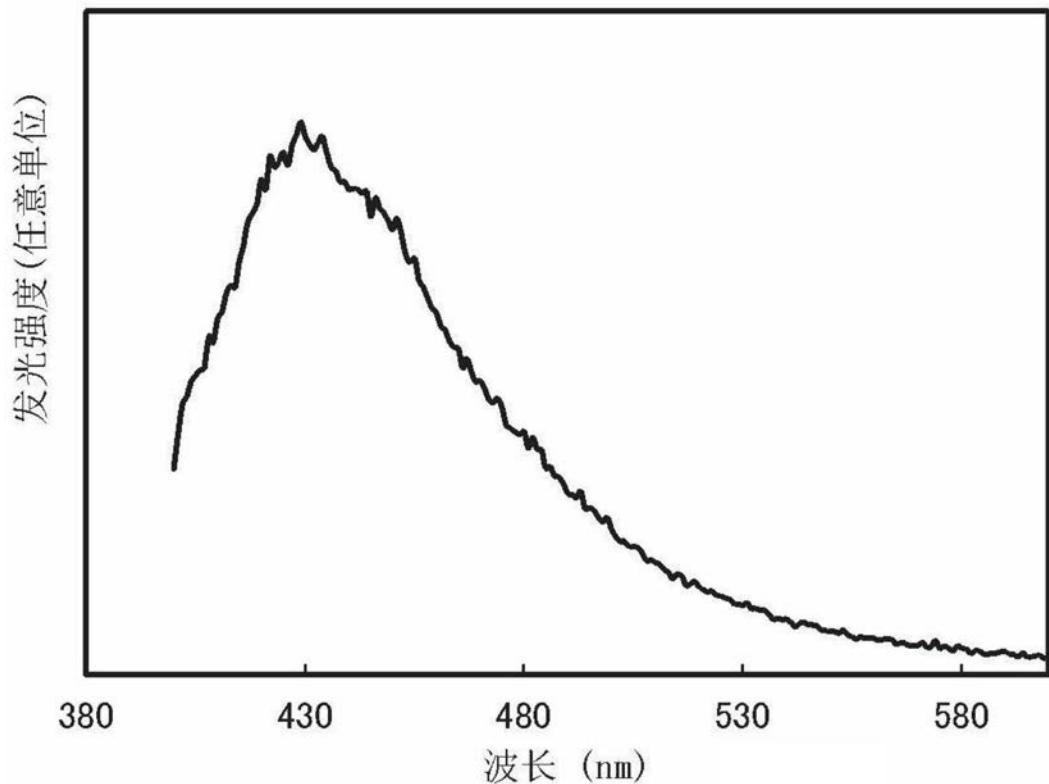


图39

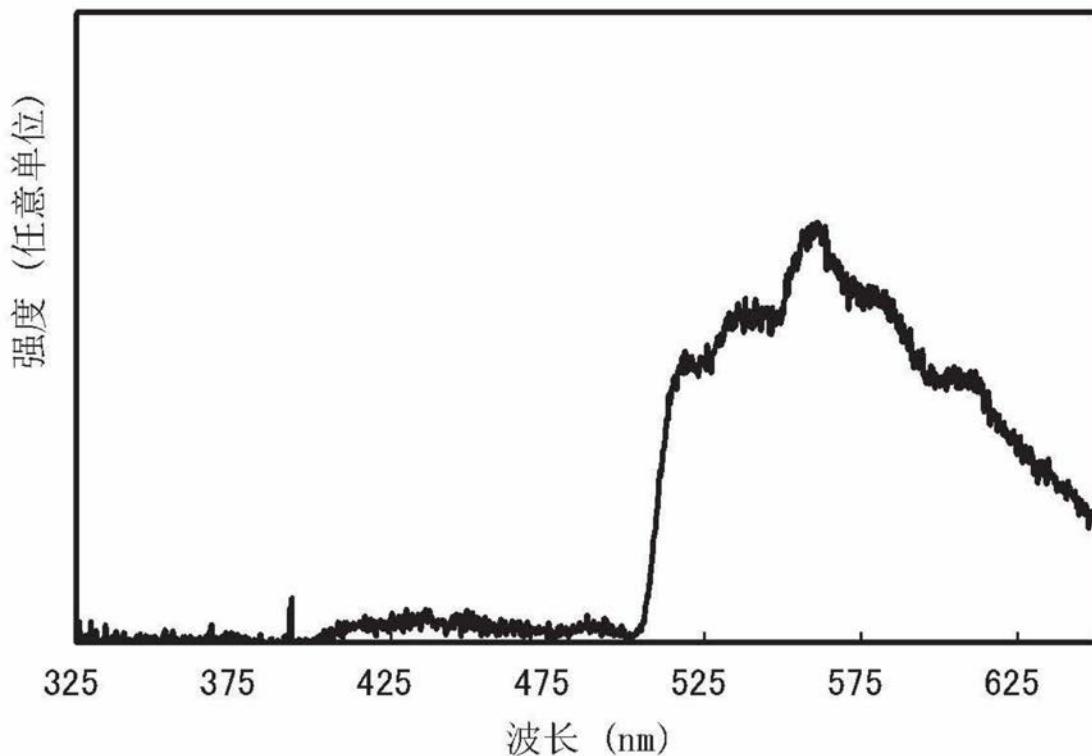


图40

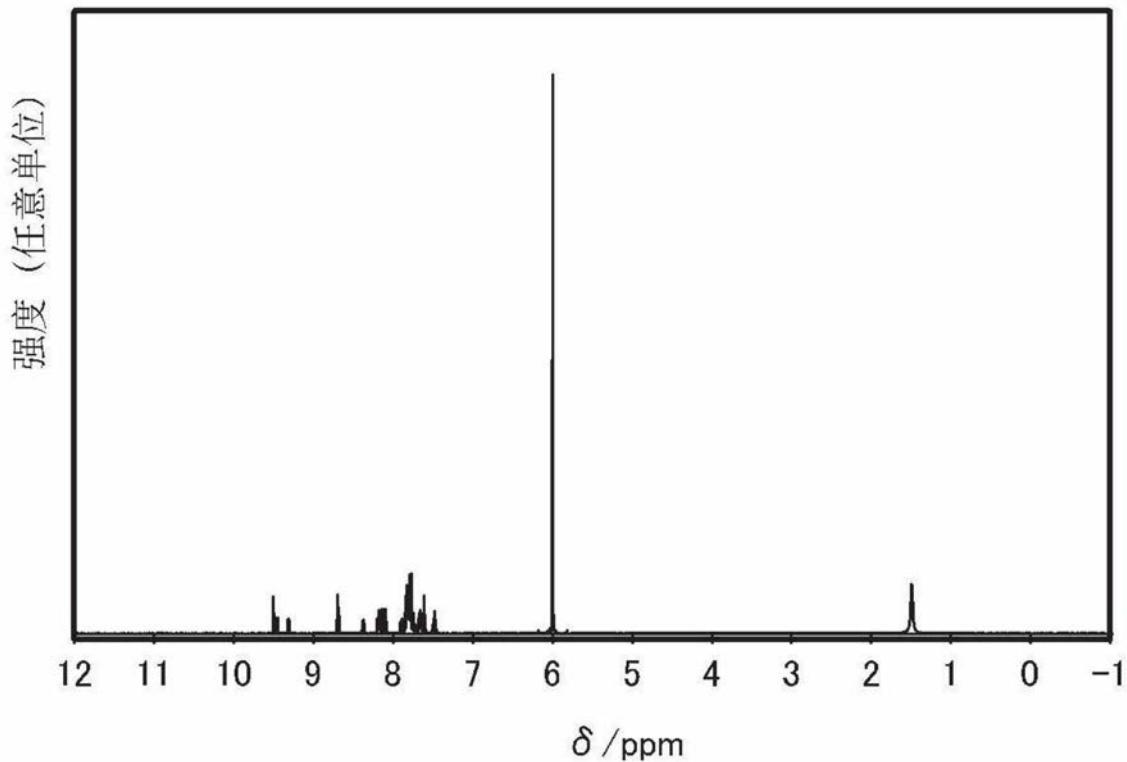


图41A

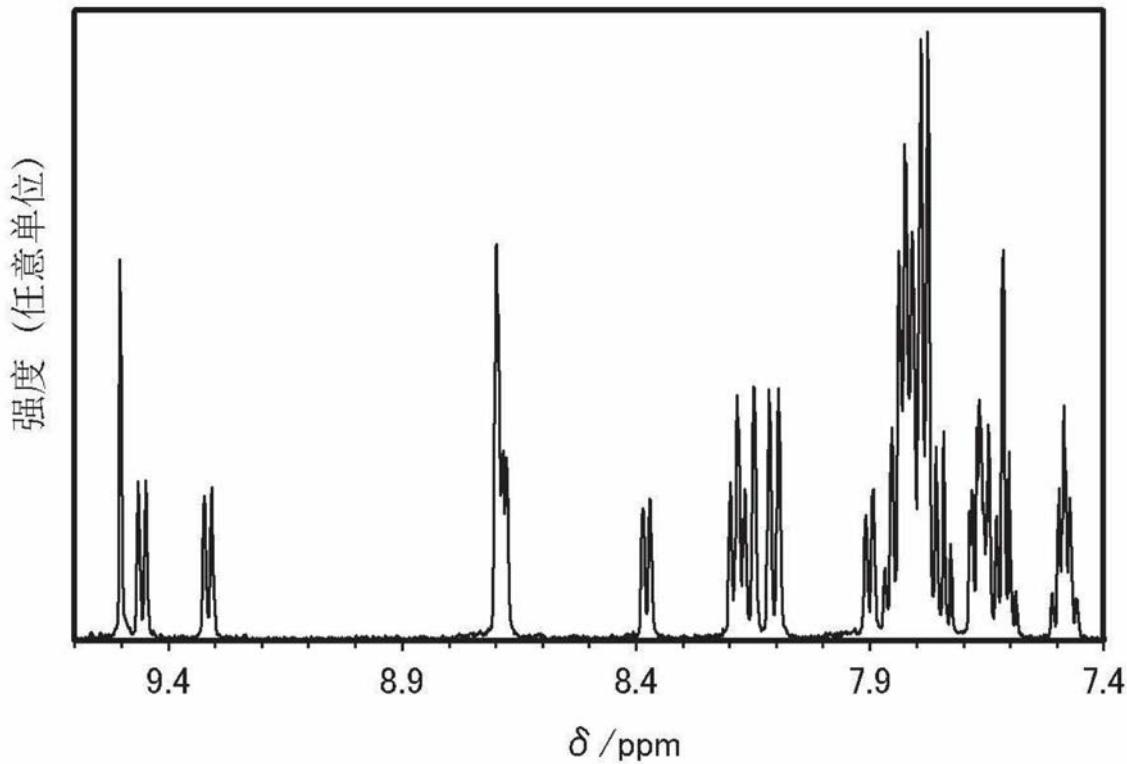


图41B

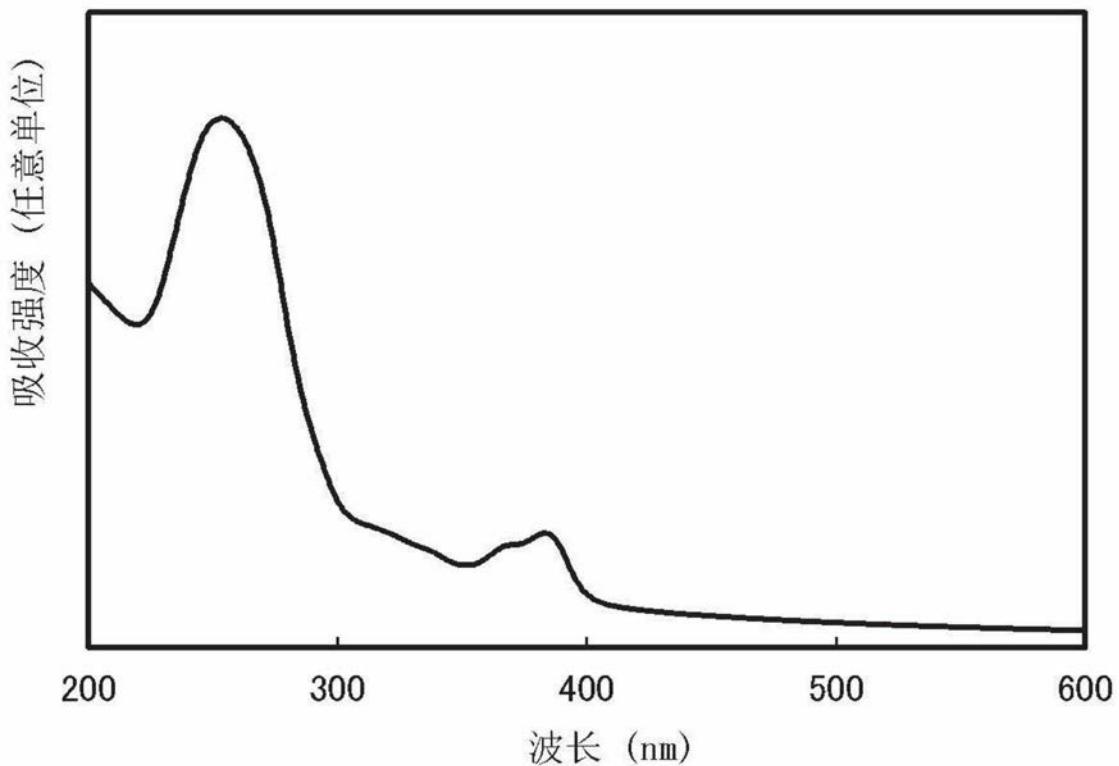


图42

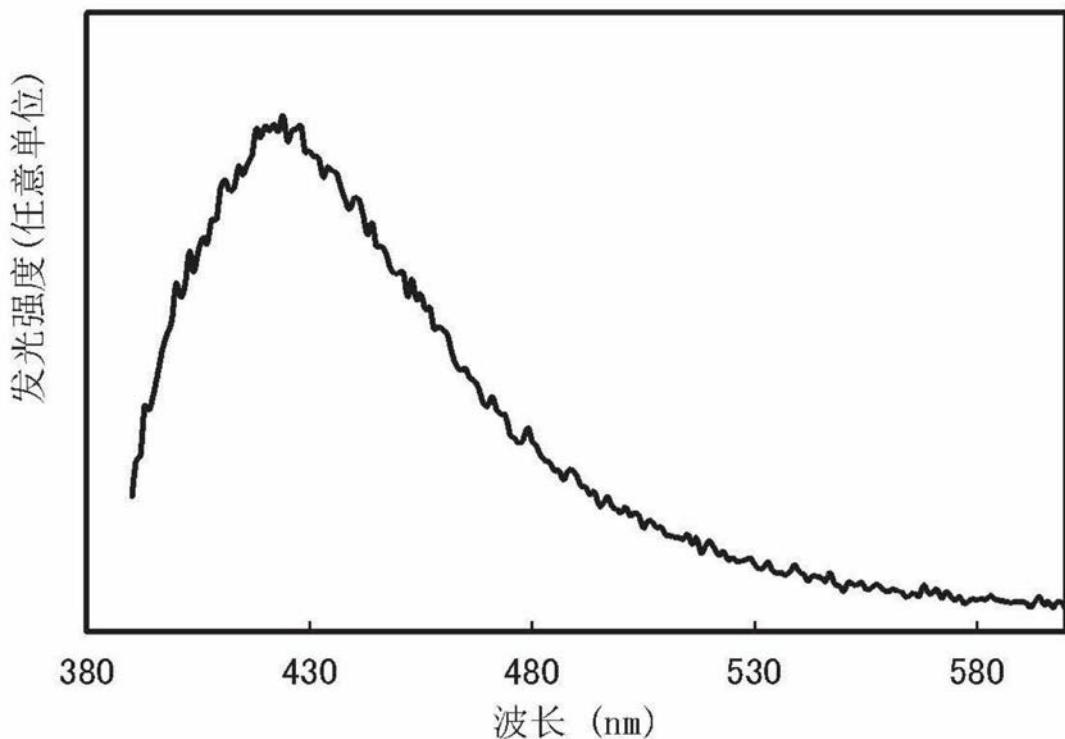


图43

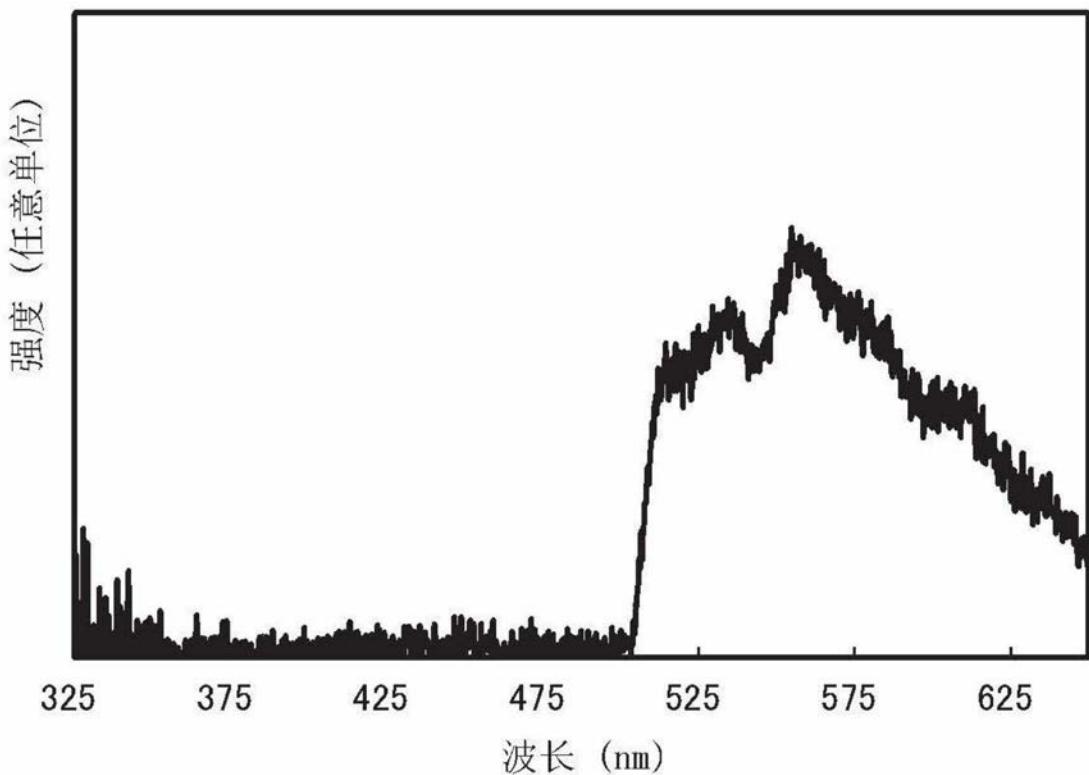


图44

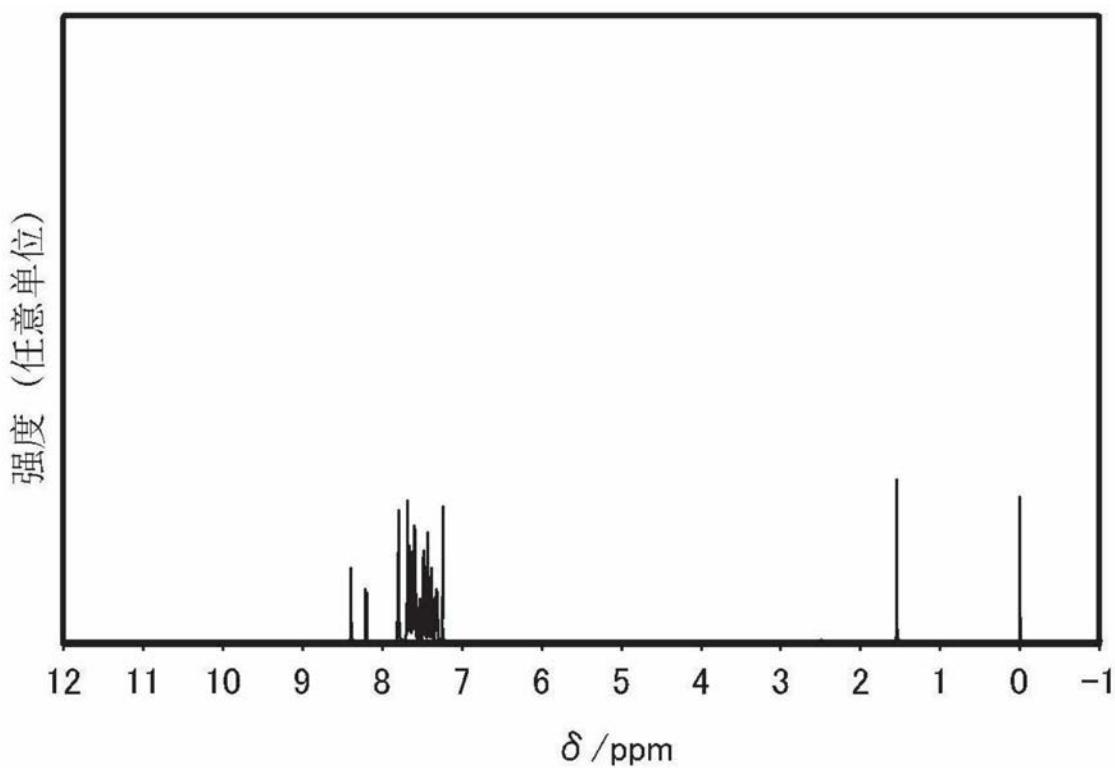


图45A

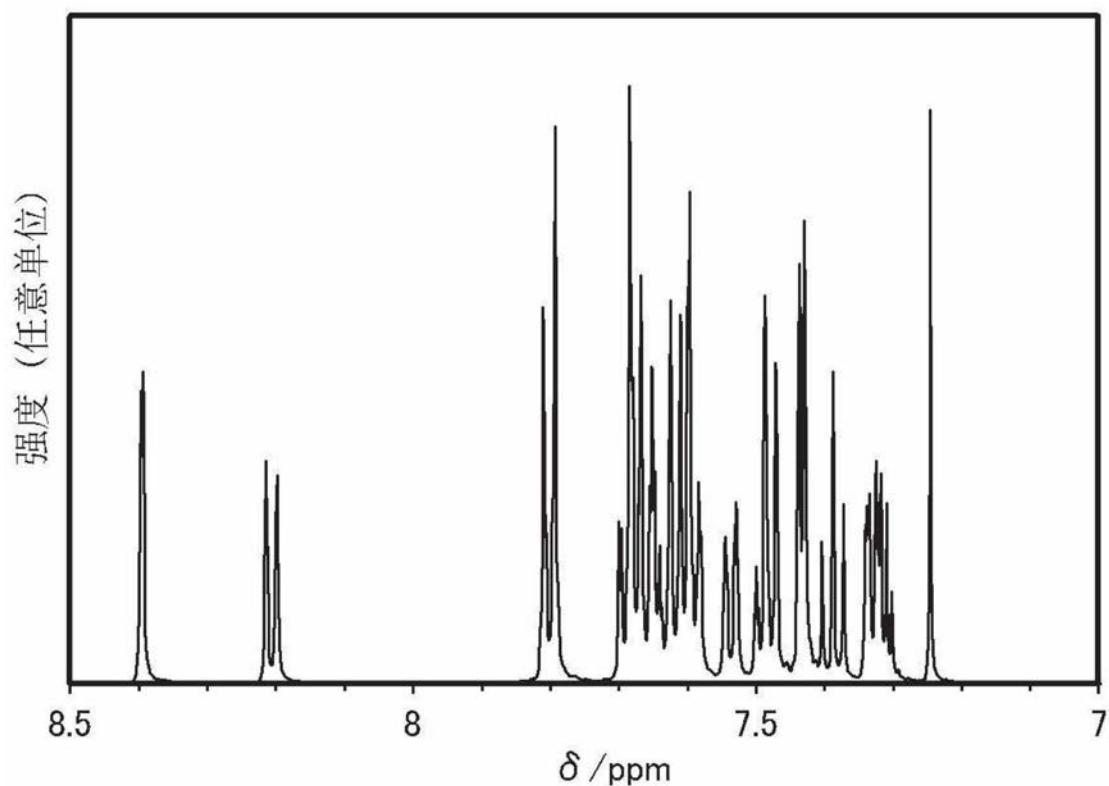


图45B

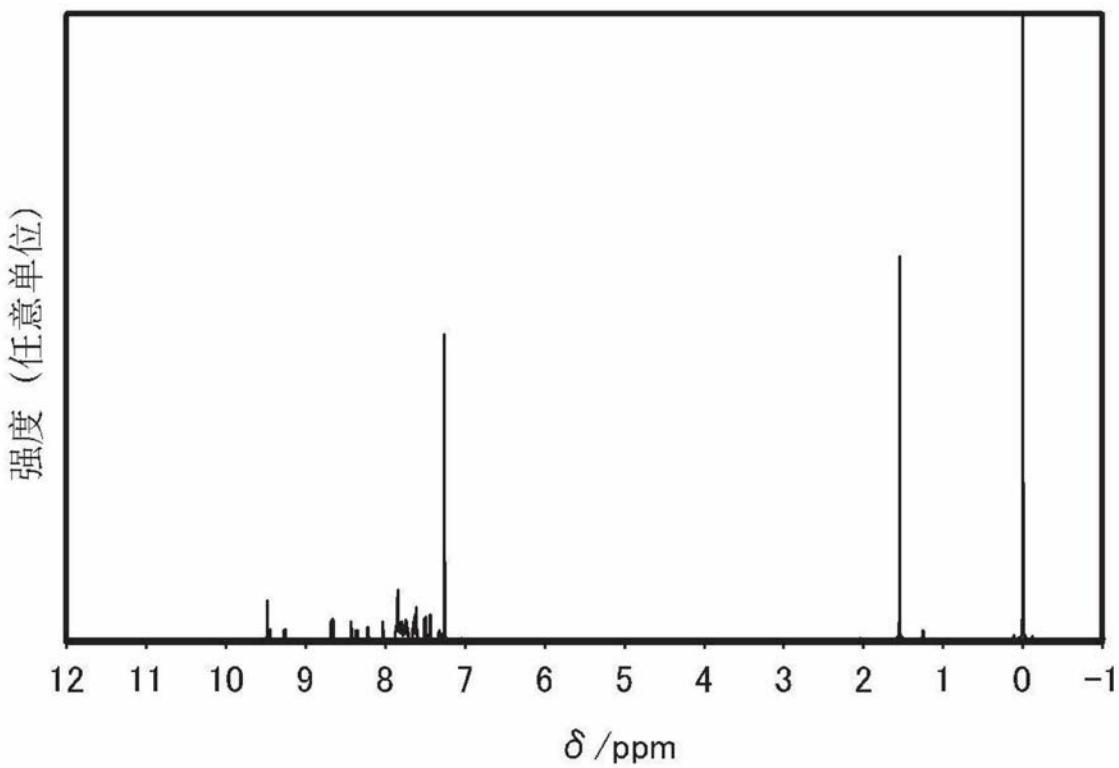


图46A

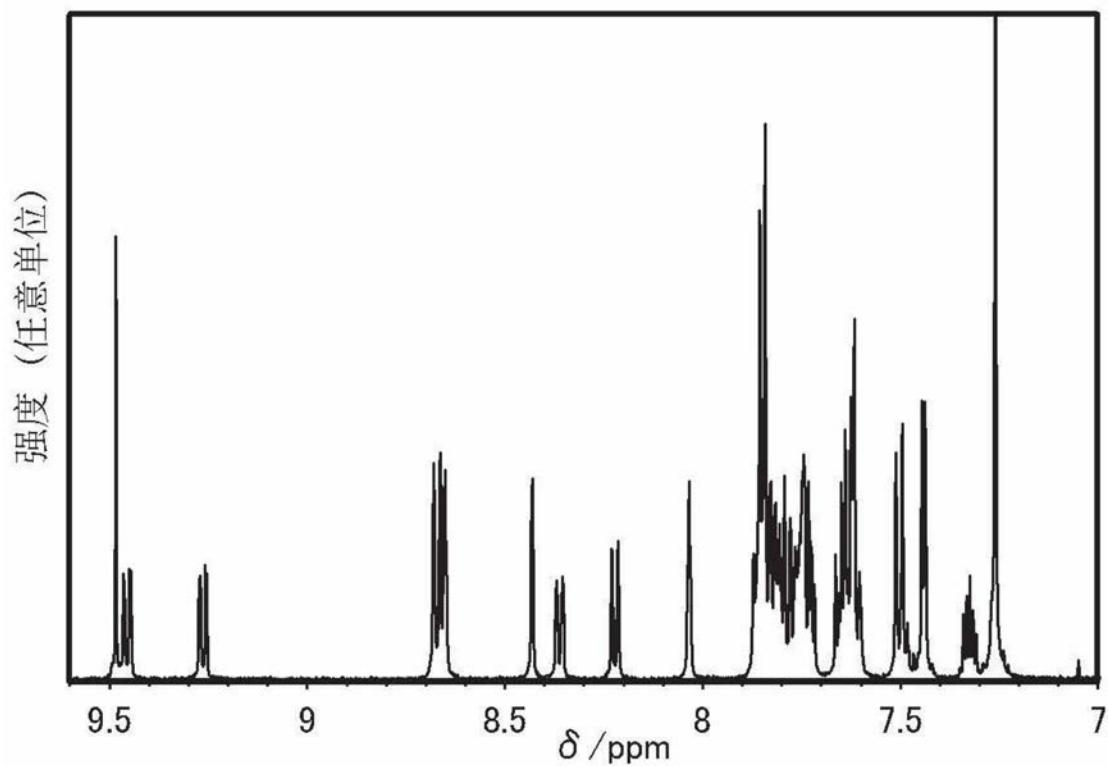


图46B

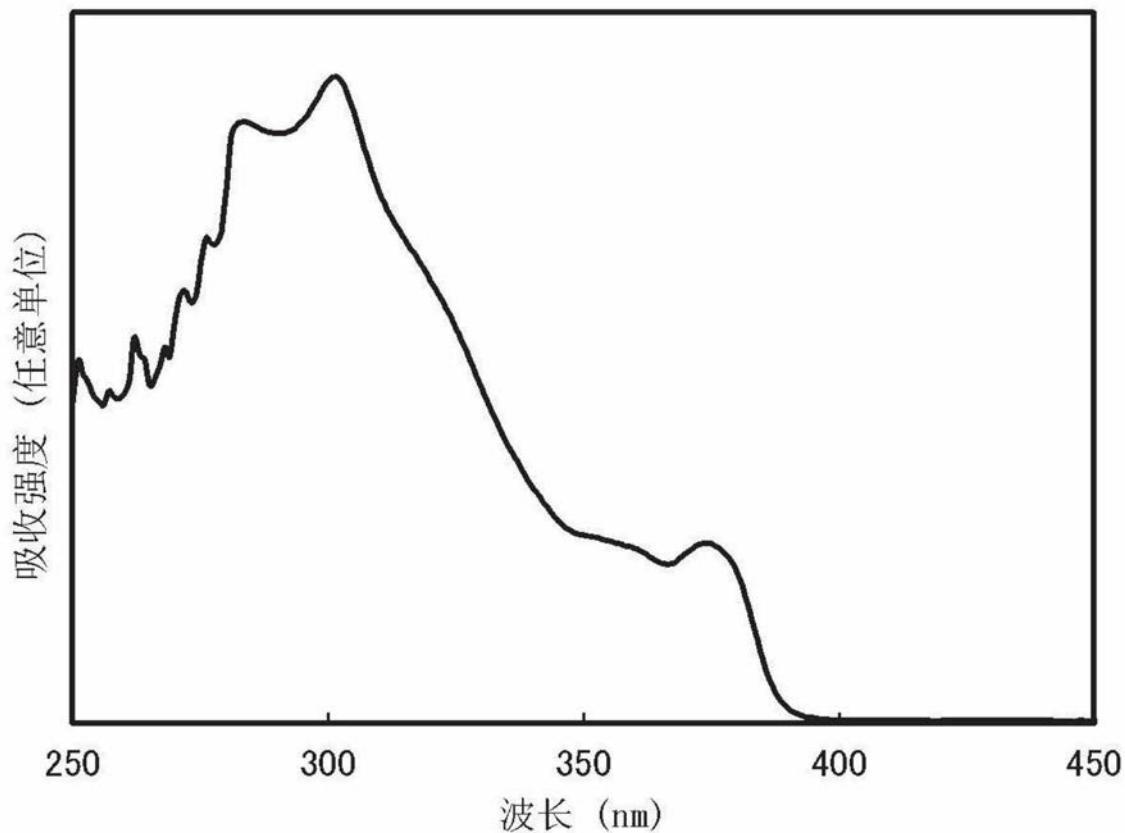


图47

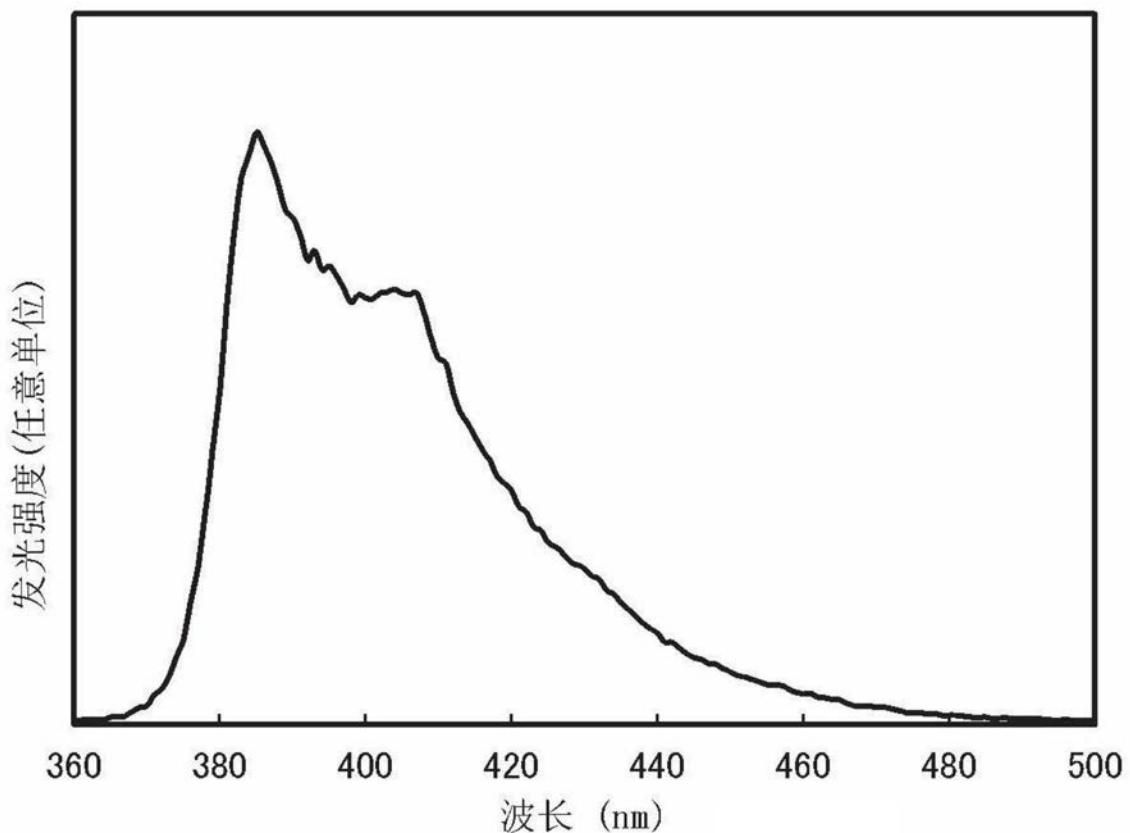


图48

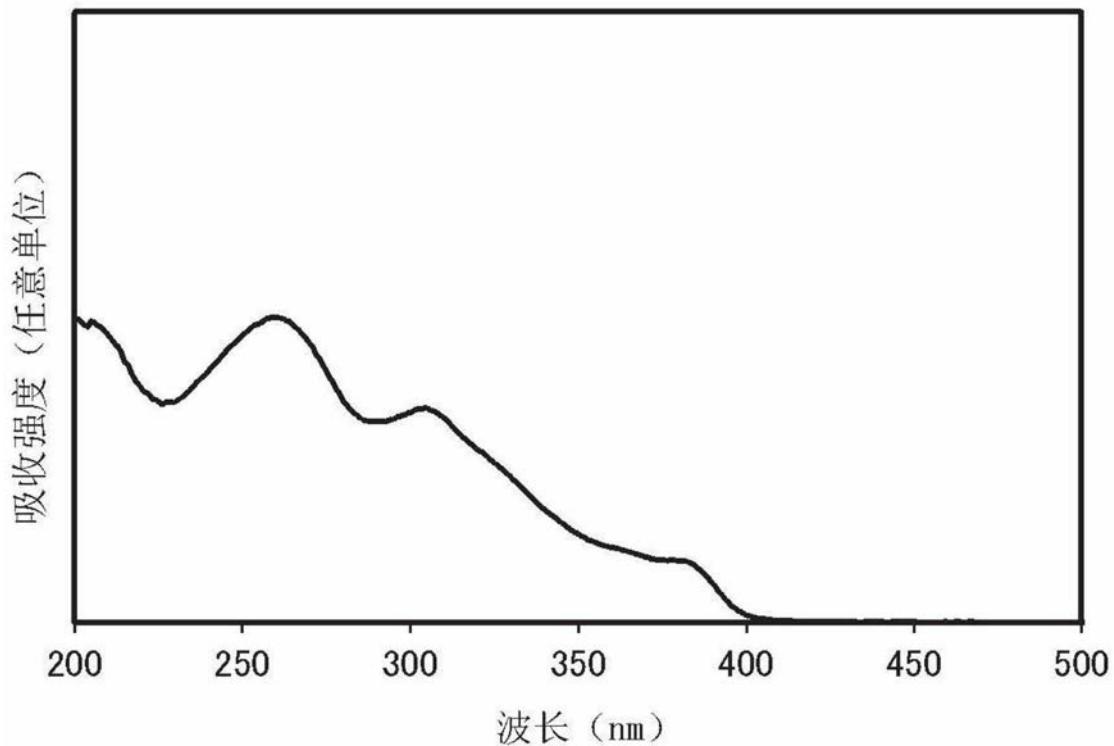


图49

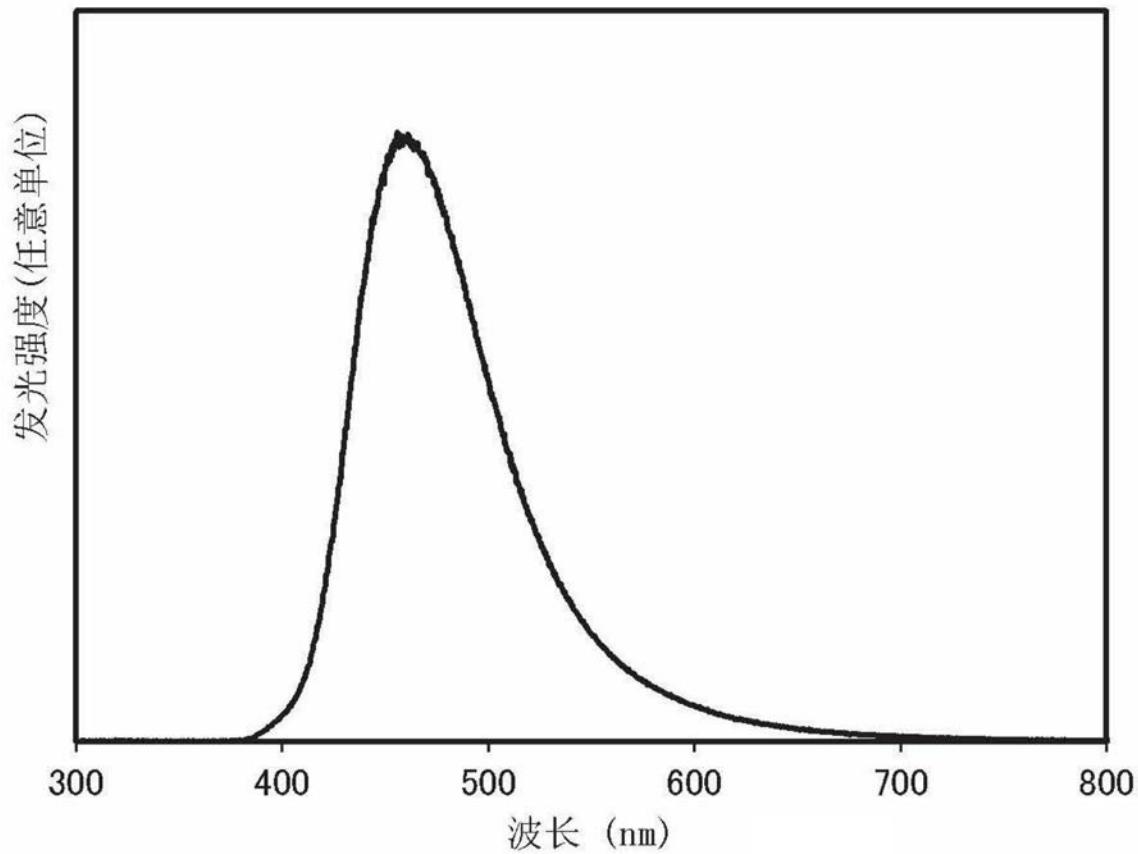


图50

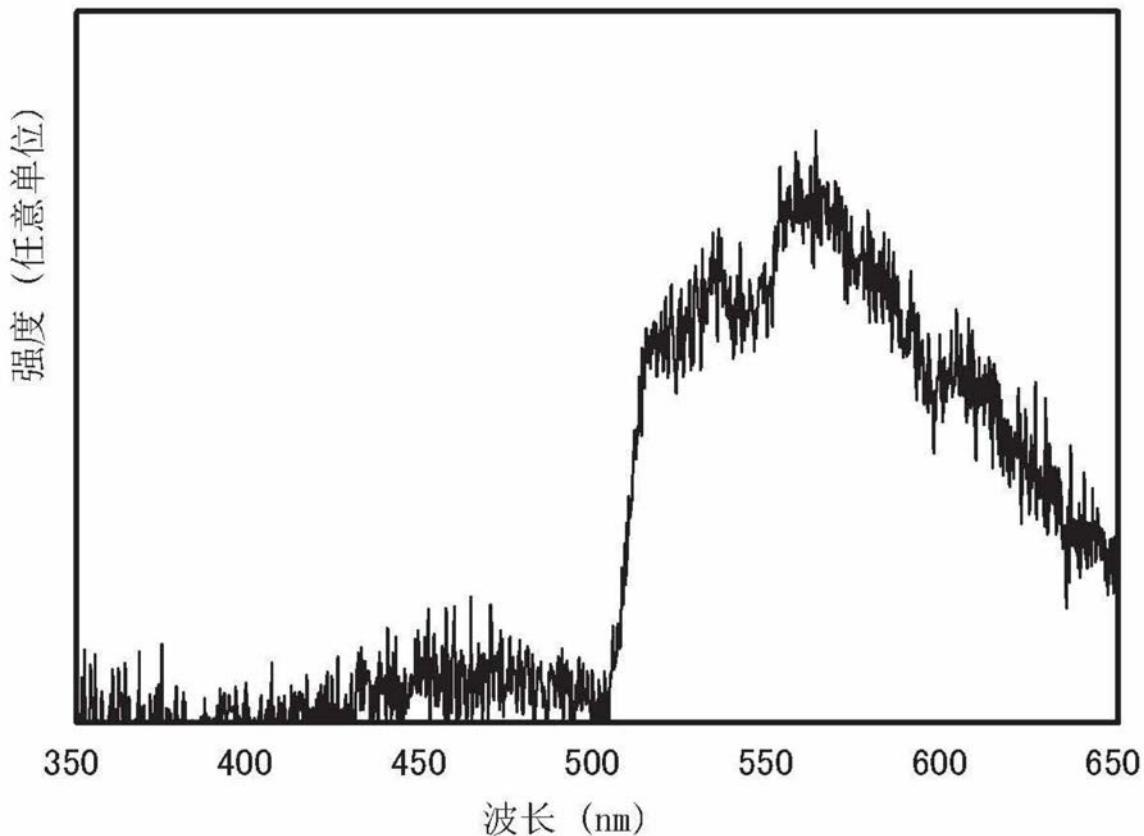


图51

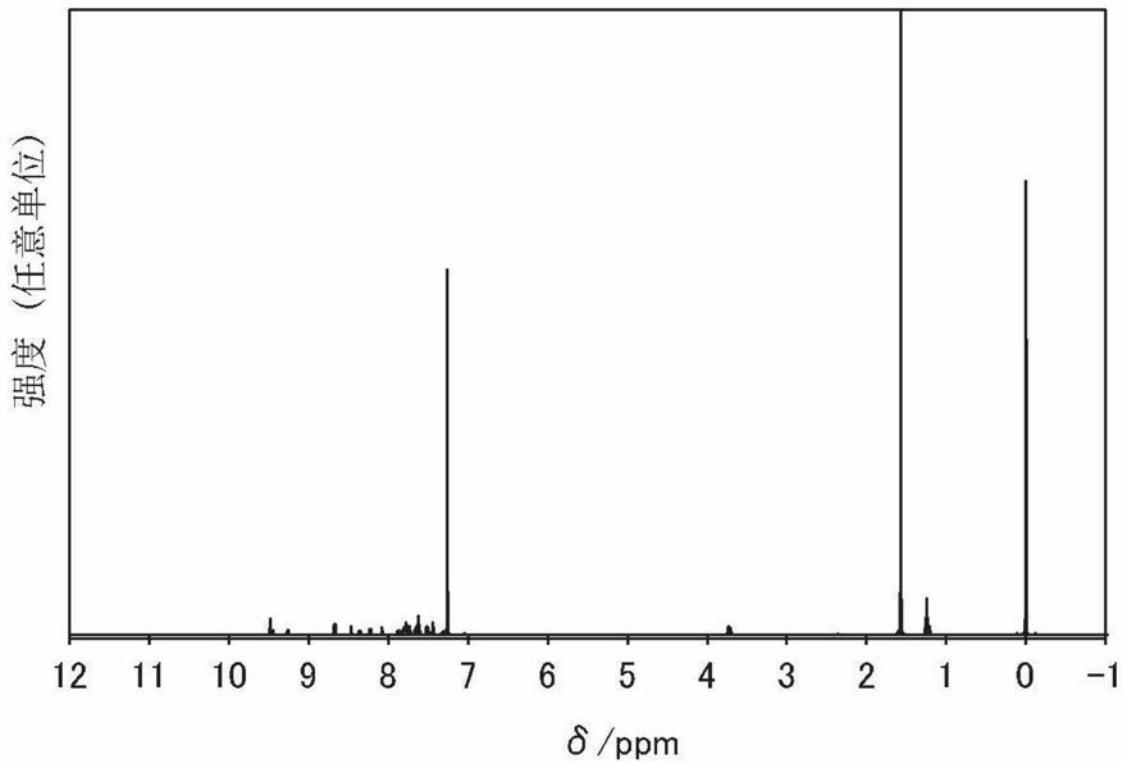


图52A

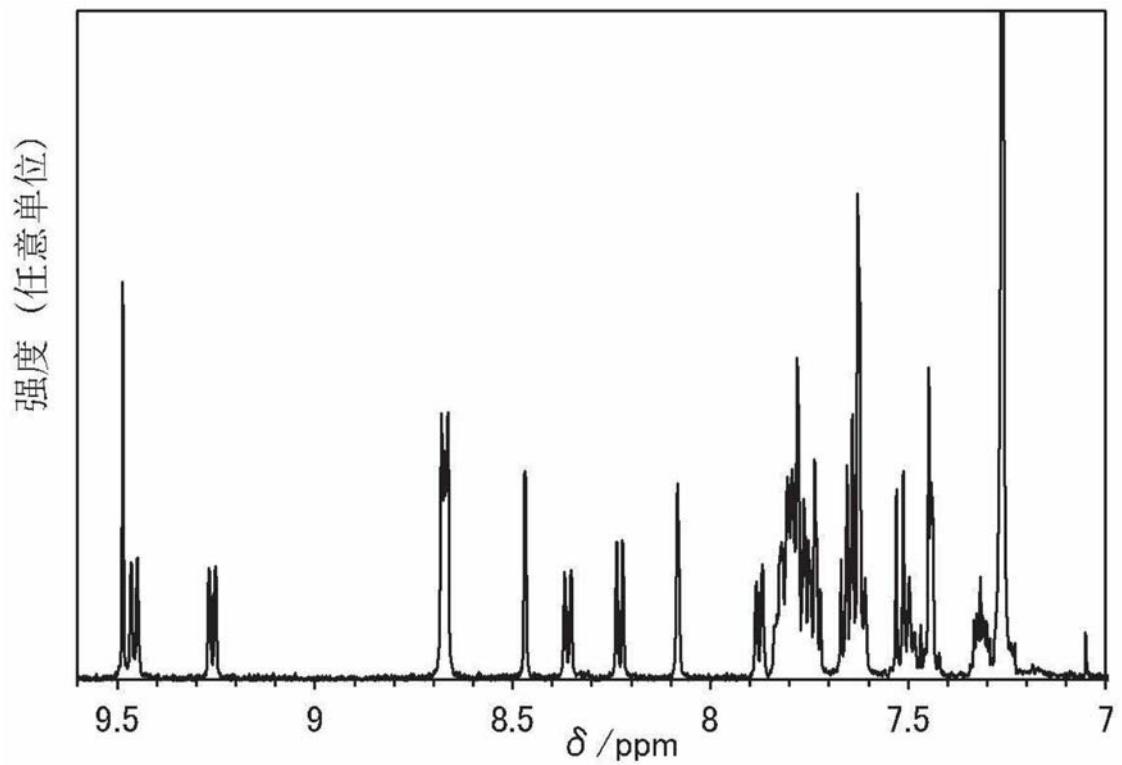


图52B

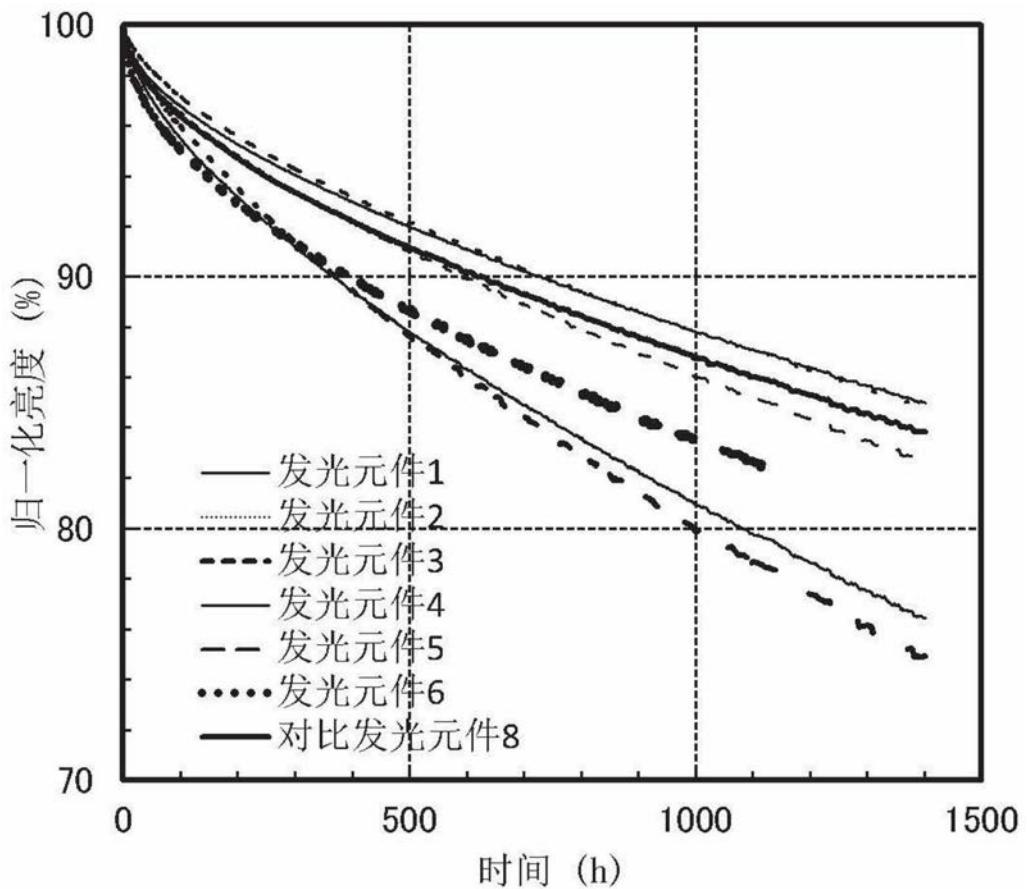


图53

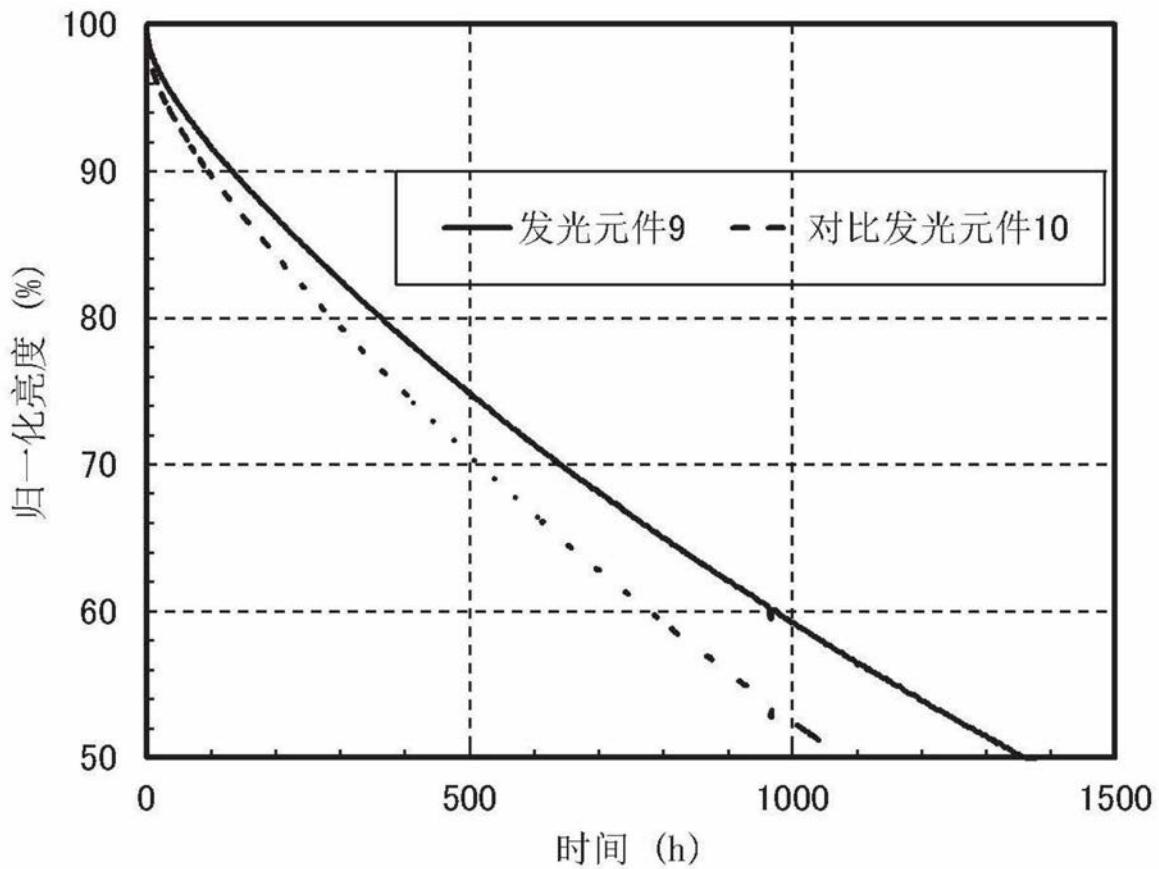


图54

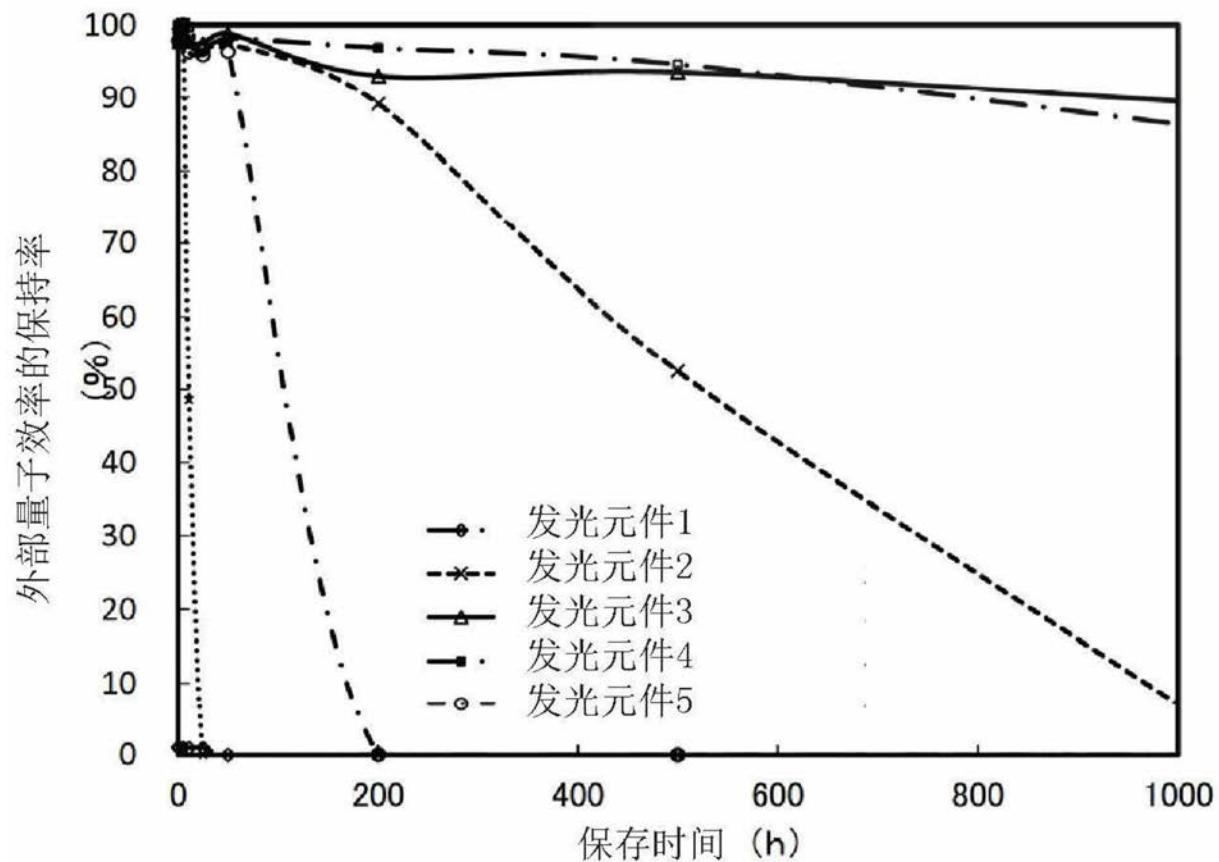


图55