



(21)申請案號：109137297

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 10 月 27 日

(51)Int. Cl.：

*C07F5/02 (2006.01)**C09K11/06 (2006.01)**H01L51/50 (2006.01)**H05B33/14 (2006.01)**H05B33/20 (2006.01)*

(30)優先權：2019/10/28 日本

2019-194970

(71)申請人：日商東麗股份有限公司 (日本) TORAY INDUSTRIES, INC. (JP)

日本

(72)發明人：川本一成 KAWAMOTO, KAZUNARI (JP)；德田貴士 TOKUDA, TAKASHI (JP)；

長尾和真 NAGAO, KAZUMASA (JP)

(74)代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：0 共 112 頁

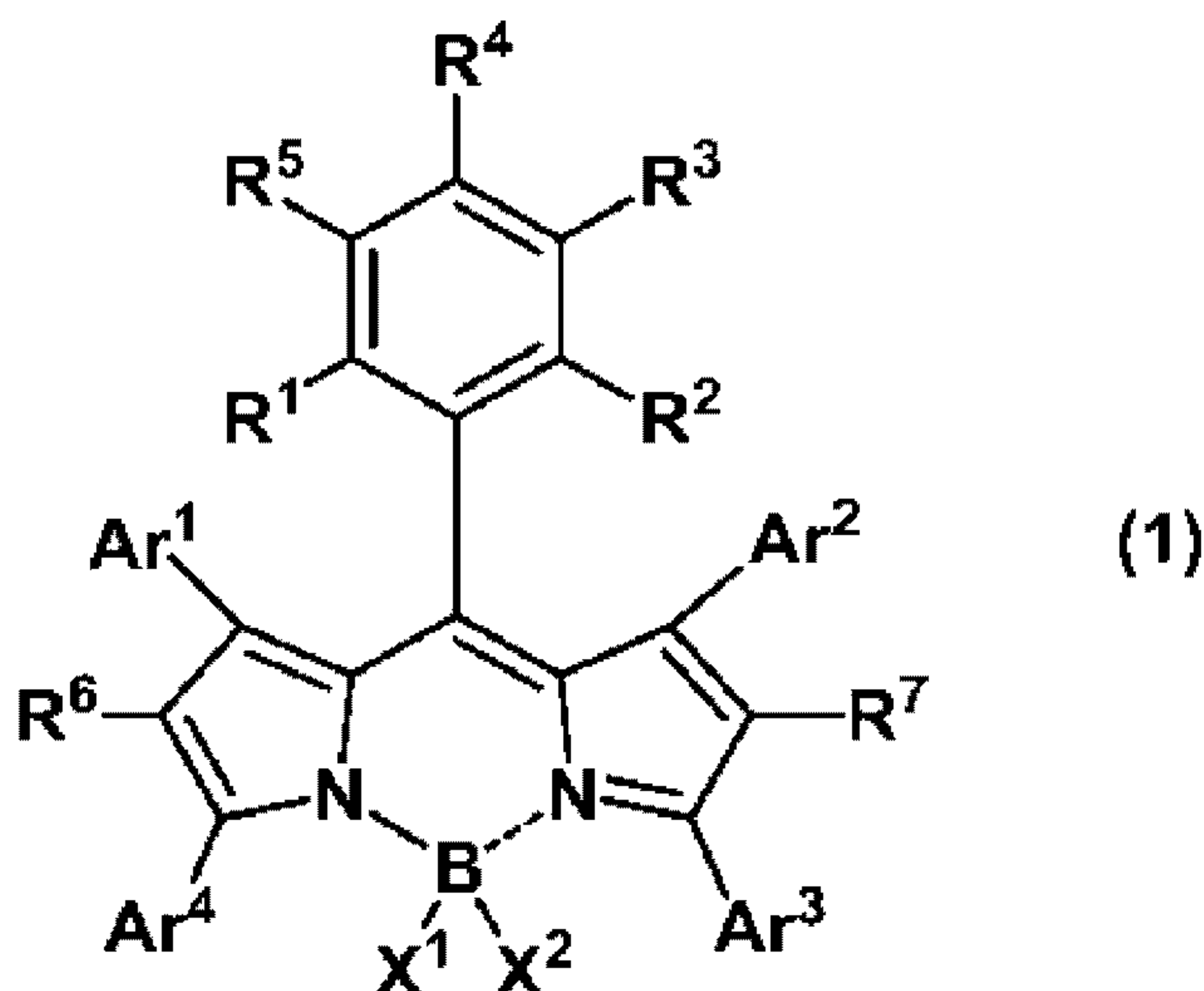
(54)名稱

包含吡咯亞甲基硼錯合物的發光元件材料、發光元件、顯示裝置及照明裝置

(57)摘要

本發明提供一種包含通式 (1) 所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的發光效率高的發光元件材料及發光元件。

特徵化學式：





202116785

【發明摘要】

【中文發明名稱】 包含吡咯亞甲基硼錯合物的發光元件材料、發光元件、顯示裝置及照明裝置

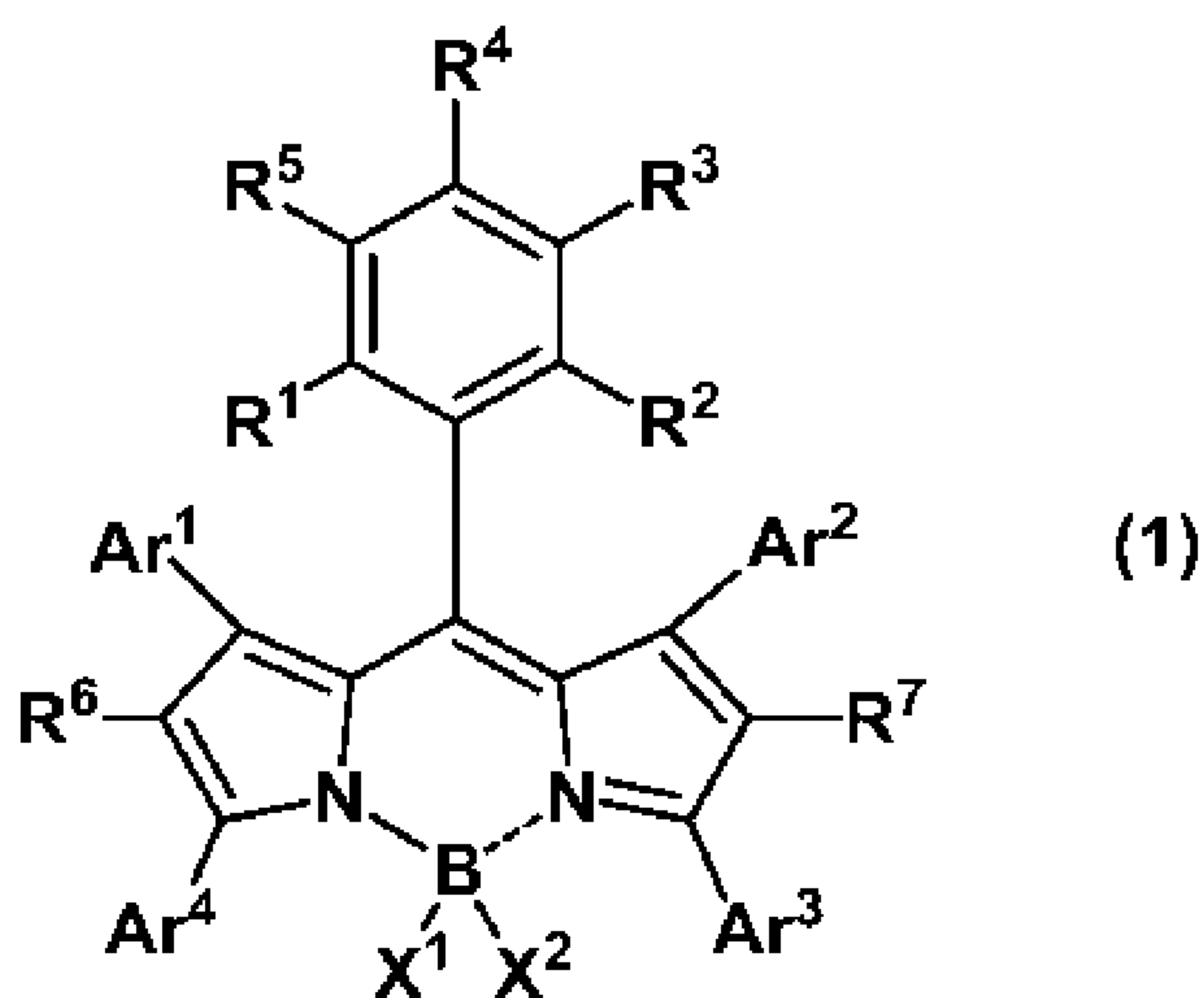
【中文】

本發明提供一種包含通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的發光效率高的發光元件材料及發光元件。

【指定代表圖】 無。

【代表圖之符號簡單說明】 無。

【特徵化學式】



【發明說明書】

【中文發明名稱】 包含吡咯亞甲基硼錯合物的發光元件材料、發光元件、顯示裝置及照明裝置

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種包含吡咯亞甲基硼錯合物的發光元件材料、發光元件、顯示裝置及照明裝置。

【先前技術】

【0002】 藉由自陰極注入的電子與自陽極注入的電洞在夾持於兩極的發光層內再結合而發光的有機薄膜發光元件具有薄型、低驅動電壓、高亮度發光、以及藉由選擇發光材料而實現多色發光的特徵。

【0003】 其中，紅色發光材料作為光的三原色之一、即紅色發光所需的素材正在進行開發。作為先前的紅色發光材料，已知有雙(二異丙基苯基)芘等芘系、紫環酮系、稠四苯系、卟啉系、Eu 錯合物(「化學快報 (Chem.Lett.)」, 1267 (1991))等。

【0004】 另外，作為獲得紅色發光的方法，亦研究了於主體材料中混入微量的紅色螢光材料作為摻雜劑的方法。特別是作為摻雜劑材料，可列舉含有顯示出高亮度發光的吡咯亞甲基金屬錯合物的材料(例如，參照專利文獻 1)。另外，近年來，以高發光效率為目標，對包含熱活化延遲螢光 (Thermally Activated Delayed Fluorescence, TADF) 材料與吡咯亞甲基化合物的發光元件進行了

研究（例如，參照專利文獻 2）。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0005】 專利文獻 1：日本專利特開 2003-12676 號公報

專利文獻 2：國際公開第 2016/056559 號

【發明內容】

【0006】 [發明所欲解決之課題]

就亮度提高與節電的觀點而言，有機薄膜發光元件理想的是發光效率高。特別是於近年來使用不斷擴大的移動顯示裝置中，節電化成為特別重要的課題，要求比現有技術中使用的紅色發光材料更高的發光效率。

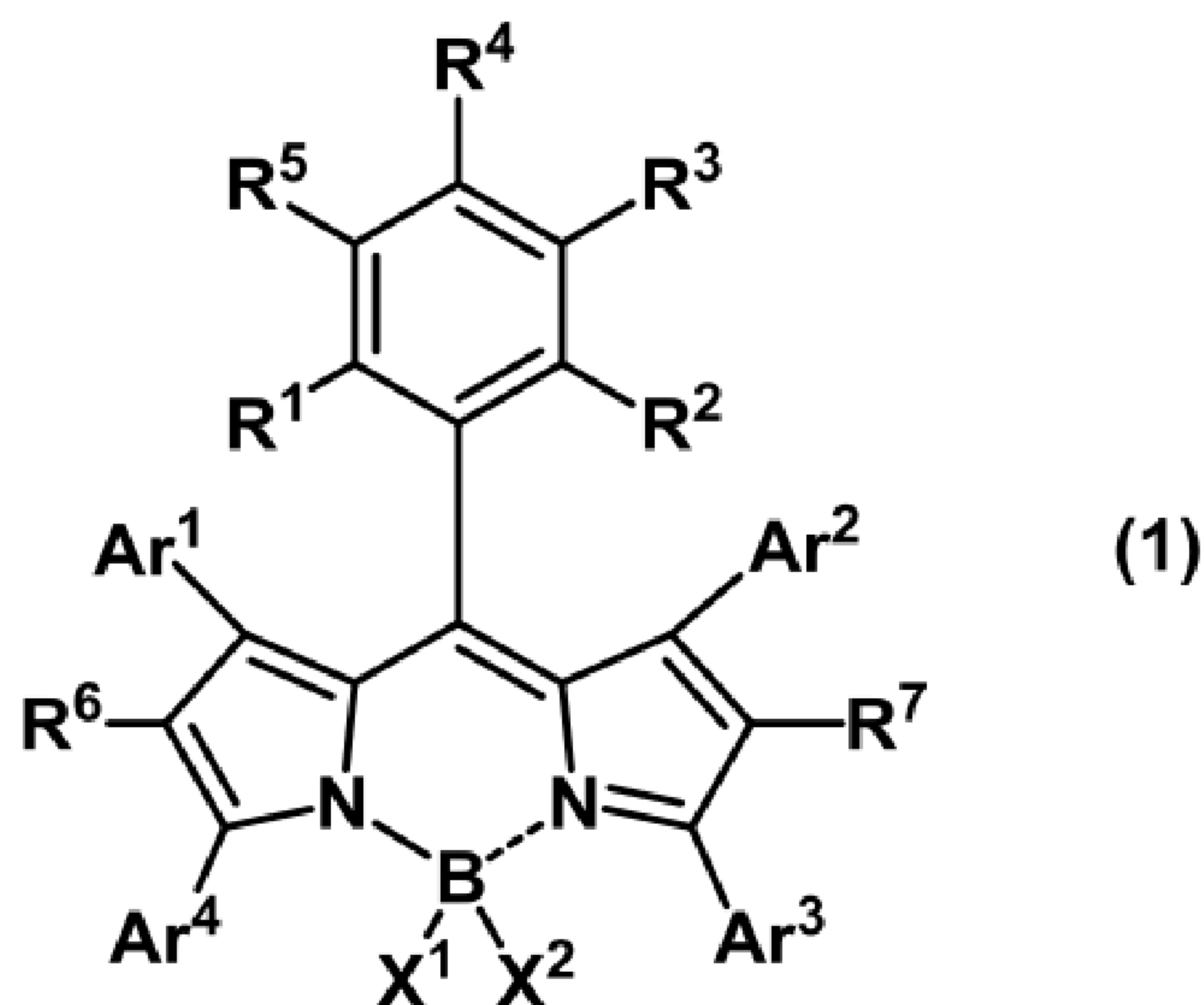
【0007】 另外，於使用發光材料作為摻雜劑的情況下，已知若提高摻雜濃度，則發光效率降低，即發生濃度淬滅，但先前的材料相對於摻雜濃度增加，發光效率的降低率大，摻雜濃度依賴性大，因此存在摻雜濃度管理困難的課題。

【0008】 本發明的目的在於解決所述現有技術的問題，提供一種發光效率高且摻雜濃度依賴性小的紅色發光元件材料及使用其的發光元件。

[解決課題之手段]

【0009】 本發明為一種包含通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯化合物的發光元件材料。

【0010】 [化 1]



【0011】 X^1 及 X^2 分別可相同亦可不同，且選自由烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、羥基、硫醇基、烷氧基、環烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、芳基、雜芳基、鹵素及氰基所組成的群組中。該些官能基可進一步具有取代基。

【0012】 $Ar^1 \sim Ar^4$ 分別可相同亦可不同，是經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基。該些芳基及雜芳基可為單環亦可為稠環。其中，於 Ar^1 及 Ar^2 中的一者或兩者為單環的情況下，所述單環具有一個以上的二級烷基、一個以上的三級烷基、一個以上的芳基或一個以上的雜芳基作為取代基，或者具有合計兩個以上的甲基與一級烷基作為取代基。

【0013】 R^1 及 R^2 分別可相同亦可不同，是經取代或未經取代的烷基、經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基。

【0014】 $R^3 \sim R^5$ 分別可相同亦可不同，且選自由氫原子、烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、芳基、雜芳基、羥基、硫醇基、烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、鹵素、氰基、醛基、醯基、羧基、酯基、醯胺基、磺醯基、磺酸酯基、磺醯胺基、胺基、硝基、矽烷基及與鄰接基之間的環結構所組成的群組中。該些官能基可進一步具有取代基。

【0015】 R^6 及 R^7 分別可相同亦可不同，且選自由氫原子、烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、芳基、雜芳基、羥基、硫醇基、烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、鹵素、氰基、醛基、醯基、羧基、酯基、醯胺基、磺醯基、磺酸酯基、磺醯胺基、胺基、硝基及矽烷基所組成的群組中。其中， R^6 亦可為藉由在與 Ar^4 之間一個或兩個原子進行共價鍵結而形成的交聯結構， R^7 亦可為藉由在與 Ar^3 之間一個或兩個原子進行共價鍵結而形成的交聯結構。該些官能基可進一步具有取代基。

[發明的效果]

【0016】 藉由本發明，可獲得一種發光效率高、摻雜濃度依賴性小的紅色發光元件。

【圖式簡單說明】

無

【實施方式】

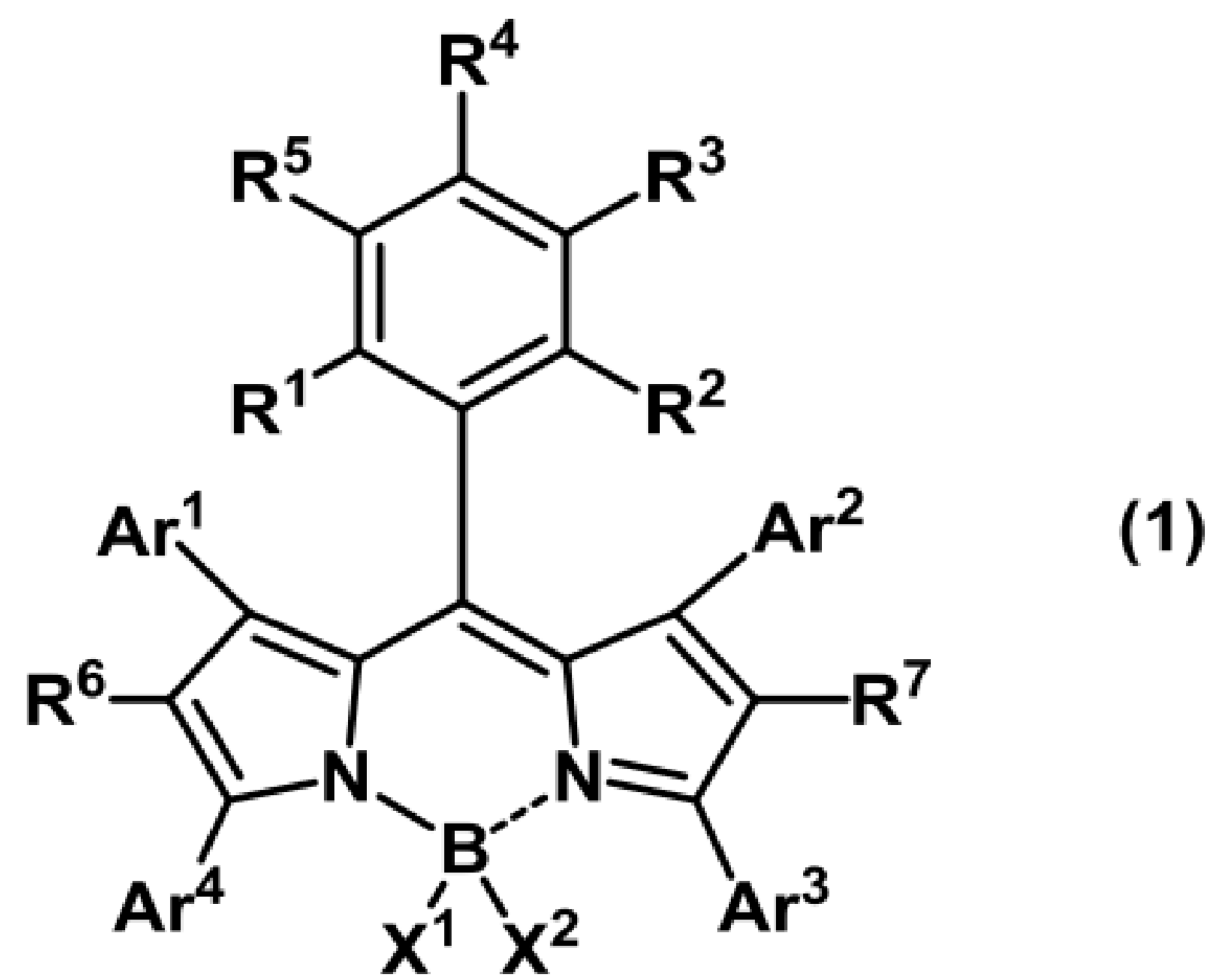
【0017】 以下對本發明的吡咯亞甲基硼錯合物、含有其的發光元件材料、發光元件、顯示裝置及照明裝置的較佳的實施形態進行

詳細說明。其中，本發明並不限定於以下的實施形態，可根據目的或用途進行各種變更來實施。

【0018】 <吡咯亞甲基硼錯合物>

本發明的吡咯亞甲基硼錯合物是由通式（1）所表示。

【0019】 [化 2]



【0020】 X¹ 及 X² 分別可相同亦可不同，且選自由烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、羥基、硫醇基、烷氧基、環烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、芳基、雜芳基、鹵素及氰基所組成的群組中。該些官能基可進一步具有取代基。

【0021】 Ar¹～Ar⁴ 分別可相同亦可不同，是經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基。該些芳基及雜芳基可為單環亦可為稠環。其中，於 Ar¹ 及 Ar² 中的一者或兩者為單環的情

況下，所述單環具有一個以上的二級烷基、一個以上的三級烷基、一個以上的芳基或一個以上的雜芳基作為取代基，或者具有合計兩個以上的甲基與一級烷基作為取代基。

【0022】 R^1 及 R^2 分別可相同亦可不同，是經取代或未經取代的烷基、經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基。

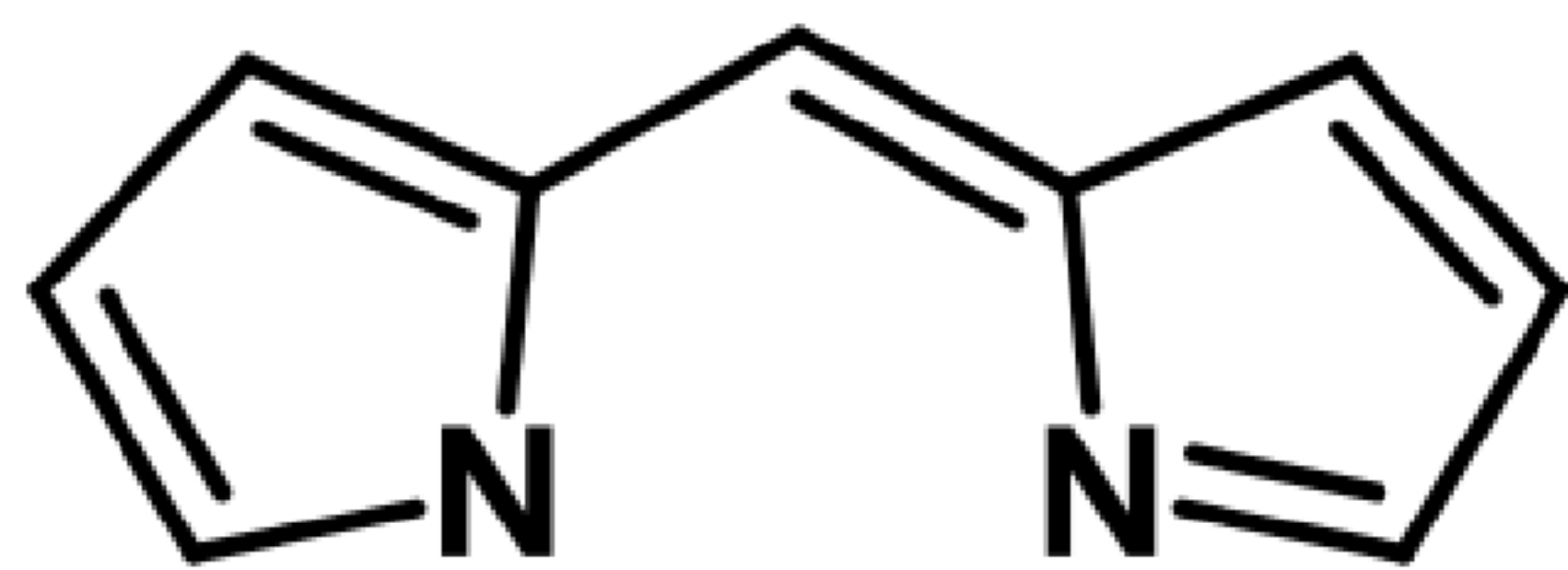
【0023】 $R^3 \sim R^5$ 分別可相同亦可不同，且選自由氫原子、烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、芳基、雜芳基、羥基、硫醇基、烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、鹵素、氰基、醛基、醯基、羧基、酯基、醯胺基、磺醯基、磺酸酯基、磺醯胺基、胺基、硝基、矽烷基及與鄰接基之間的環結構所組成的群組中。該些官能基可進一步具有取代基。

【0024】 R^6 及 R^7 分別可相同亦可不同，且選自由氫原子、烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、芳基、雜芳基、羥基、硫醇基、烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、鹵素、氰基、醛基、醯基、羧基、酯基、醯胺基、磺醯基、磺酸酯基、磺醯胺基、胺基、硝基及矽烷基所組成的群組中。其中， R^6 亦可為藉由在與 Ar^4 之間一個或兩個原子進行共價鍵結而形成的交聯結構， R^7 亦可為藉由在與 Ar^3 之間一個或兩個原子進行共價鍵結而形成的交聯結構。該些官能基可進一步具有取代基。

【0025】 本發明中，將具有通式（2）所表示的吡咯亞甲基骨架者、以及於吡咯亞甲基骨架的一部分中具有縮環結構而環結構擴

大者一起稱為「吡咯亞甲基」。

【0026】 [化 3]



(2)

【0027】 於本發明的所有基中，氫亦可為氘。於以下所說明的化合物或其部分結構中亦相同。

【0028】 於本發明的說明中，所謂「未經取代」，是指與作為對象的基本骨架或官能基鍵結的原子僅為氫原子或氘原子。

【0029】 於本發明的說明中，作為「經取代」時的取代基，較佳為選自烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、芳基、雜芳基、羥基、硫醇基、烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、鹵素、氰基、醛基、醯基、羧基、酯基、醯胺基、磺醯基、磺酸酯基、磺醯胺基、胺基、硝基、矽烷基及側氧基中的基。進而佳為於以下的各官能基的說明中設為較佳的具體的取代基。另外，該些取代基可進一步由所述取代基取代。

【0030】 於本發明的說明中，於例如記載為碳數 6～40 的經取代或未經取代的芳基的情況下，表示亦包括與芳基鍵結的取代基所含的碳數在內而為 6～40。規定了碳數的其他取代基亦同樣如此。

【0031】 所謂烷基，例如表示甲基、乙基、正丙基、異丙基、正

丁基、第二丁基、第三丁基等飽和脂肪族烴基，其可經取代，亦可未經取代。經取代時的追加的取代基並無特別限制，例如可列舉烷基、鹵素、芳基、雜芳基等，關於該方面，於以下的記載中亦為相通的。另外，烷基的碳數並無特別限定，就獲取的容易性或成本的方面而言，較佳為 1 以上且 20 以下、更佳為 1 以上且 8 以下的範圍。

【0032】 所謂環烷基，例如表示環丙基、環己基、降冰片基、金剛烷基等飽和脂環式烴基，其可經取代，亦可未經取代。環烷基的碳數並無特別限定，較佳為 3 以上且 20 以下的範圍。

【0033】 所謂雜環基，例如表示吡喃環、哌啶環、環狀醯胺等於環內具有碳以外的原子的脂肪族環，其可經取代，亦可未經取代。雜環基的碳數並無特別限定，較佳為 2 以上且 20 以下的範圍。

【0034】 所謂烯基，例如表示乙烯基、烯丙基、丁二烯基等含有雙鍵的不飽和脂肪族烴基，其可經取代，亦可未經取代。烯基的碳數並無特別限定，較佳為 2 以上且 20 以下的範圍。

【0035】 所謂環烯基，例如表示環戊烯基、環戊二烯基、環己烯基等含有雙鍵的不飽和脂環式烴基，其可經取代，亦可未經取代。環烯基的碳數並無特別限定，較佳為 3 以上且 20 以下的範圍。

【0036】 所謂炔基，例如表示乙炔基等含有三鍵的不飽和脂肪族烴基，其可經取代，亦可未經取代。炔基的碳數並無特別限定，較佳為 2 以上且 20 以下的範圍。

【0037】 所謂芳基，可為單環或稠環中的任一種，例如表示苯

基、萘基、芴基、苯並芴基、二苯並芴基、菲基、蒽基、苯並菲基、苯並蒽基、蒽基、芘基、熒蒽基、三亞苯基 (triphenylenyl group)、苯並熒蒽基、二苯並蒽基、芘基、螺旋烴基 (helicenyl group) 等芳香族烴基。其中，較佳為苯基、萘基、芴基、菲基、蒽基、芘基、熒蒽基、三亞苯基。芳基可經取代，亦可未經取代。此處，本發明中，將聯苯基、三聯苯基等多個苯基經由單鍵鍵結而成的官能基視為具有芳基作為取代基的苯基。芳基的碳數並無特別限定，較佳為 6 以上且 40 以下、更佳為 6 以上且 30 以下的範圍。另外，苯基中，於該苯基中的鄰接的兩個碳原子上分別具有取代基的情況下，亦可以該些取代基彼此形成環結構。其結果，所形成的基根據其結構可相當於「經取代的苯基」、「具有兩個以上的環縮環而成的結構的芳基」、「具有兩個以上的環縮環而成的結構的雜芳基」中的任一種以上。

【0038】 所謂雜芳基，可為單環或稠環中的任一種，例如表示吡啶基、呋喃基、噻吩基、喹啉基、異喹啉基、吡嗪基、嘧啶基、噻嗪基、三嗪基、蔡啶基、噌啉基、酞嗪基、喹噁啉基、喹唑啉基、苯並呋喃基、苯並噻吩基、吲哚基、二苯並呋喃基、二苯並噻吩基、呋唑基、苯並呋唑基、哌啉基 (carbolinyl group)、吲哚並呋唑基、苯並呋喃並呋唑基、苯並噻吩並呋唑基、二氫茛並呋唑基、苯並喹啉基、吡啶基、二苯並吡啶基、苯並咪唑基、咪唑並吡啶基、苯並噁唑基、苯並噻唑基、啡啉基等於一個或多個環內具有碳及氫以外的原子、即雜原子的環狀芳香族基。作為雜原

子，較佳為氮原子、氧原子或硫原子。雜芳基可經取代，亦可未經取代。雜芳基的碳數並無特別限定，較佳為 2 以上且 40 以下、更佳為 2 以上且 30 以下的範圍。

【0039】 所謂烷氧基，例如表示甲氧基、乙氧基、丙氧基等經由醚鍵而鍵結有脂肪族烴基的官能基，其可經取代，亦可未經取代。烷氧基的碳數並無特別限定，較佳為 1 以上且 20 以下的範圍。

【0040】 所謂烷硫基，是指烷氧基的醚鍵的氧原子被取代為硫原子者。其可經取代，亦可未經取代。烷硫基的碳數並無特別限定，較佳為 1 以上且 20 以下的範圍。

【0041】 所謂芳基醚基，例如表示苯氧基等經由醚鍵而鍵結有芳香族烴基的官能基，其可經取代，亦可未經取代。芳基醚基的碳數並無特別限定，較佳為 6 以上且 40 以下的範圍。

【0042】 所謂芳基硫醚基，是指芳基醚基的醚鍵的氧原子被取代為硫原子者。其可進一步經取代。芳基硫醚基的碳數並無特別限定，較佳為 6 以上且 40 以下的範圍。

【0043】 所謂鹵素，表示選自氟、氯、溴及碘中的原子。

【0044】 所謂氰基，是指結構為 $\text{-C}\equiv\text{N}$ 所表示的官能基。此處，與其他官能基鍵結的是碳原子。

【0045】 所謂醛基，是指結構為 -C(=O)H 所表示的官能基。此處，與其他官能基鍵結的是碳原子。

【0046】 所謂醯基，例如表示乙醯基、丙醯基、苯甲醯基、丙烯醯基等經由羰基而鍵結有烷基、環烷基、烯基、炔基、芳基、雜

芳基的官能基，其可進一步經取代。醯基的碳數並無特別限定，較佳為 2 以上且 40 以下，更佳為 2 以上且 30 以下。

【0047】 所謂酯基，例如表示烷基、環烷基、芳基、雜芳基等經由酯鍵鍵結而成的官能基，其可進一步經取代。酯基的碳數並無特別限定，較佳為 1 以上且 20 以下的範圍。更具體而言，可列舉：甲氧基羰基等甲基酯基、乙氧基羰基等乙基酯基、丙氧基羰基等丙基酯基、丁氧基羰基等丁基酯基、異丙氧基甲氧基羰基等異丙基酯基、己氧基羰基等己基酯基、苯氧基羰基等苯基酯基等。

【0048】 所謂醯胺基，例如表示烷基、環烷基、芳基、雜芳基等經由醯胺鍵鍵結而成的官能基，其可進一步經取代。醯胺基的碳數並無特別限定，較佳為 1 以上且 20 以下的範圍。更具體而言，可列舉：甲基醯胺基、乙基醯胺基、丙基醯胺基、丁基醯胺基、異丙基醯胺基、己基醯胺基、苯基醯胺基等。

【0049】 所謂磺醯基，例如表示烷基、環烷基、芳基、雜芳基等經由-S(=O)₂-鍵鍵結而成的官能基，其可進一步經取代。磺醯基的碳數並無特別限定，較佳為 1 以上且 20 以下的範圍。

【0050】 所謂磺酸酯基，例如表示烷基、環烷基、芳基、雜芳基等經由磺酸酯鍵鍵結而成的官能基。此處，所謂磺酸酯鍵，是指酯鍵的羰基部、即、-C(=O)-經取代為磺醯基部、即、-S(=O)₂-而成者。另外，其可進一步經取代。磺酸酯基的碳數並無特別限定，較佳為 1 以上且 20 以下的範圍。

【0051】 所謂磺醯胺基，例如表示烷基、環烷基、芳基、雜芳基

等經由磺醯胺鍵鍵結而成的官能基。此處，所謂磺醯胺鍵，是指磺醯胺鍵的羰基部、即、 $-\text{C}(=\text{O})-$ 經取代為磺醯基部、即、 $-\text{S}(=\text{O})_2-$ 而成者。另外，其可進一步經取代。磺醯胺基的碳數並無特別限定，較佳為 1 以上且 20 以下的範圍。

【0052】 所謂胺基，是指經取代或未經取代的胺基。作為進行取代的情況下的取代基，例如可列舉芳基、雜芳基、直鏈烷基、分支烷基。此處，作為芳基、雜芳基，較佳為苯基、萘基、吡啶基、喹啉基。另外，其可進一步經取代。碳數並無特別限定，較佳為 2 以上且 50 以下、更佳為 6 以上且 40 以下、尤佳為 6 以上且 30 以下的範圍。

【0053】 所謂矽烷基，表示鍵結有經取代或未經取代的矽原子的官能基，例如表示三甲基矽烷基、三乙基矽烷基、第三丁基二甲基矽烷基、丙基二甲基矽烷基、乙烯基二甲基矽烷基等烷基矽烷基；或苯基二甲基矽烷基、第三丁基二苯基矽烷基、三苯基矽烷基、三萘基矽烷基等芳基矽烷基。另外，其可進一步經取代。矽烷基的碳數並無特別限定，較佳為 1 以上且 30 以下的範圍。

【0054】 所謂側氧基，是指氧原子相對於碳原子以雙鍵鍵結、即成為 $=\text{O}$ 的結構的官能基。

【0055】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物由於具有牢固且平面性高的骨架，因此顯示出高螢光量子產率。另外，發光光譜的半值寬度小，因此可達成有效率的發光與高顏色純度。

【0056】 X^1 及 X^2 表示相對於硼的吡咯亞甲基以外的配位子。 X^1

及 X^2 自上述中選擇，就發光特性與熱穩定性的觀點而言，較佳為烷基、烷氧基、芳基醚基、鹵素或氰基。另外，就激發狀態穩定且可獲得更高的螢光量子產率的觀點以及可提高耐久性的觀點而言， X^1 及 X^2 更佳為拉電子性基，具體而言，更佳為氟原子、含氟烷基、含氟烷氧基、含氟芳基醚基或氰基，進而佳為氟原子或氰基，最佳為氟原子。於 X^1 及 X^2 為拉電子性基的情況下，可降低吡咯亞甲基骨架的電子密度，增加化合物的穩定性。另外， X^1 及 X^2 分別可相同亦可不同，就合成的容易度的觀點而言，較佳為相同。

【0057】 Ar^1 及 Ar^2 是有助於吡咯亞甲基硼錯合物化合物的穩定性及發光效率的基。所謂穩定性，是指電氣穩定性及熱穩定性。電氣穩定性是指於對發光元件連續通電的狀態下不易發生分解等化合物的變質。熱穩定性是指由於製造時的昇華精製或蒸鍍等加熱步驟或發光元件周邊的環境溫度而不易發生化合物的變質。若化合物變質，則發光效率降低，因此化合物的穩定性對於提高發光元件的耐久性至關重要。就化合物的穩定性與發光效率的觀點而言， Ar^1 及 Ar^2 較佳為經取代或未經取代的芳基。

【0058】 Ar^1 及 Ar^2 可為單環亦可為稠環。其中，於 Ar^1 及 Ar^2 中的一者或兩者為單環的情況下，所述單環具有一個以上的二級烷基、一個以上的三級烷基、一個以上的芳基或一個以上的雜芳基作為取代基，或者具有合計兩個以上的甲基與一級烷基作為取代基。藉由具有該些取代基的 Ar^1 及 Ar^2 ，可抑制後述的中位（meso

position) 的取代基的旋轉、振動，且提高螢光量子產率。

【0059】 關於 Ar^1 及 Ar^2 ，為了防止吡咯亞甲基硼錯合物彼此的凝聚、避免濃度淬滅，所述群組中較佳為立體阻礙大的基。就該觀點而言， Ar^1 及 Ar^2 較佳為選自由具有一個以上的三級烷基作為取代基的苯基、具有一個以上的芳基作為取代基的苯基、具有一個以上的雜芳基作為取代基的苯基、具有合計兩個以上的甲基與一級烷基作為取代基且該些中的至少一個相對於與吡咯環的鍵結部位在 2 位經取代的苯基、以及縮合環式芳香族烴基所組成的群組中。

【0060】 另外，旋轉或振動的自由度越小，越可抑制熱失活引起的效率降低，因此 Ar^1 及 Ar^2 較佳為具有剛直的結構或對稱性高的結構的官能基。就該觀點而言， Ar^1 及 Ar^2 更佳為具有一個以上的第三丁基作為取代基的苯基、具有一個以上的苯基作為取代基的苯基、相對於與吡咯環的鍵結部位至少在 2 位與 6 位甲基經取代的苯基中的任一種且以與吡咯的鍵為對稱軸呈線對稱地具有取代基的苯基、或未經取代的縮合環式芳香族烴基。進而，就製造容易性的觀點而言，進而佳為 2,6-二甲基苯基、均三甲苯基、4-第三丁基苯基、3,5-二第三丁基苯基、4-聯苯基或 1-萘基。

【0061】 Ar^3 及 Ar^4 是有助於控制發光波長的基。為了使吡咯亞甲基硼錯合物發紅色光，可列舉藉由使芳基或雜芳基與吡咯亞基金屬錯合物骨架直接鍵結而使共軛擴張從而使發光長波長化的方法。由於所述原因， Ar^3 及 Ar^4 為經取代或未經取代的烷基、經

取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基，就化合物的穩定性的觀點而言，更佳為經取代或未經取代的芳基。

【0062】 另外，為了提高發光效率，有效的是抑制吡咯亞甲基硼錯合物的位於中位的取代基、即與兩個吡咯環之間的碳鍵結的取代基的旋轉、振動，減少能量損失，並提高螢光量子產率。為了抑制位於中位的取代基的旋轉、振動，位於中位的取代基所具有的 R^1 及 R^2 選自經取代或未經取代的烷基、經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基。其中，較佳為至少一者為經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基。另一方面，就製造的容易性的觀點而言， R^1 及 R^2 中的一者較佳為經取代或未經取代的烷基，更佳為甲基。

【0063】 $R^3 \sim R^5$ 選自所述官能基群組中，用於調整峰值波長、結晶性、昇華溫度等。特別是對峰值波長產生影響的是相對於與吡咯亞甲基骨架的鍵為 4 位的位置的取代基、即 R^4 。若 R^4 是供電子性基，則發光峰值波長偏移至短波長側。作為供電子性基，具體而言，可例示甲基、乙基、第三丁基、環己基、甲氧基、乙氧基、苯基、甲苯基、萘基、呋喃基、二苯並呋喃基等。特別是於 R^4 是供電子性強的甲氧基、乙氧基等烷氧基的情況下，短波長偏移大，對波長調整有用。另一方面，若 R^4 是拉電子性基，則發光峰值波長偏移至長波長側。作為拉電子性基，具體而言，可例示氟原子、三氟甲基、氰基、吡啶基、嘧啶基等。特別是於 R^4 是選自拉電子性強的氟原子、三氟甲基及氰基中的基的情況下，長波長偏移大，

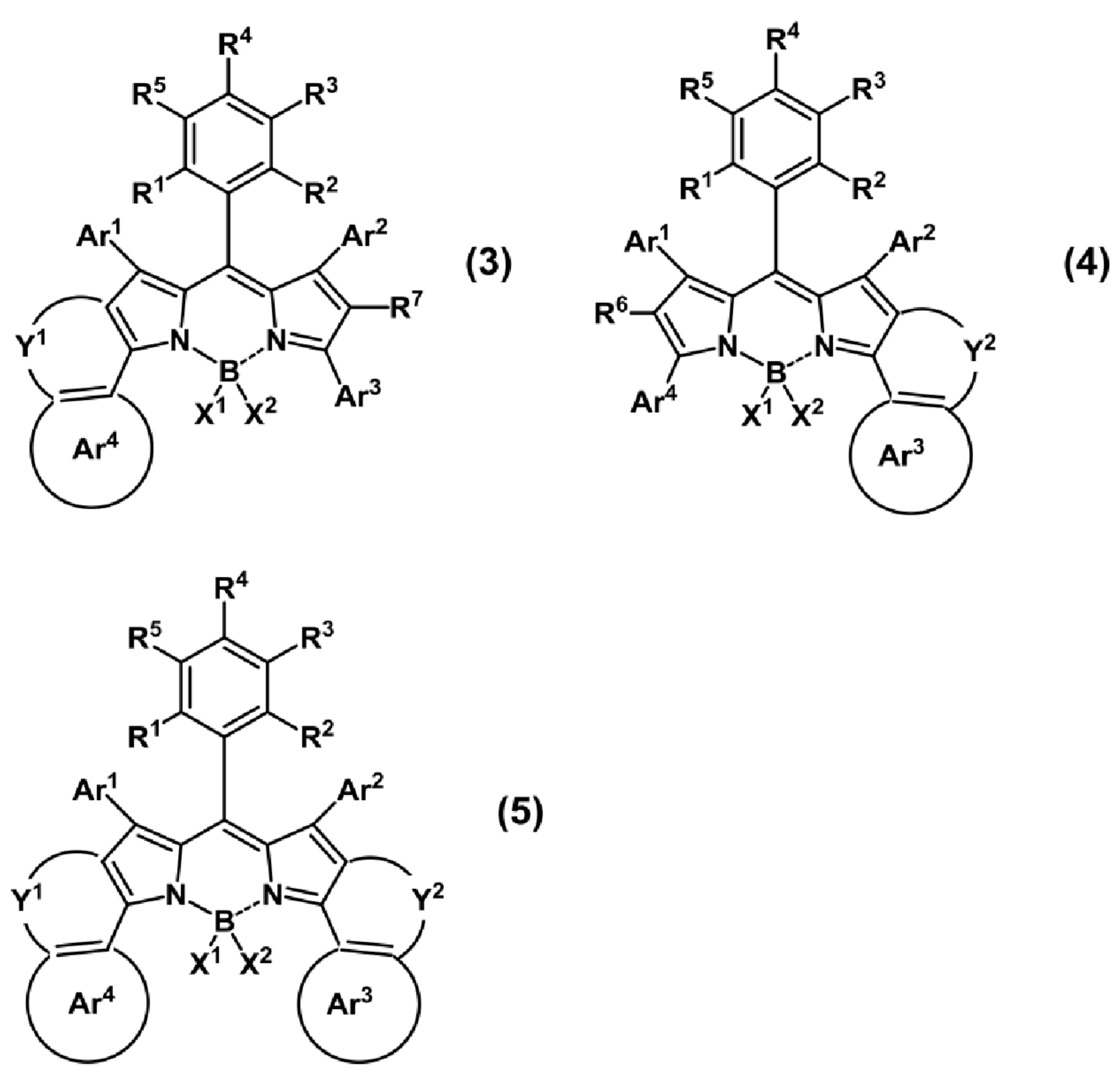
對波長調整有用。其中，供電子性基及拉電子性基並不限定於這些。

【0064】 R^6 及 R^7 選自所述官能基群組中，主要影響峰值波長、發光光譜的半值寬度、穩定性或結晶性。

【0065】 所謂「 R^6 是藉由在與 Ar^4 之間一個或兩個原子進行共價鍵結而形成的交聯結構」的情況，是指藉由 R^6 所表示的基與 Ar^4 鍵結而形成 Ar^4 與吡咯亞甲基骨架中的吡咯環之間的交聯結構。 Ar^4 中的與 R^6 的鍵結部位是除了與吡咯亞甲基骨架中的吡咯環直接鍵結的部位以外的任意的部位，自 Ar^4 中的與 R^6 的鍵結部位經由 R^6 而與吡咯環連接的最短的鍵結路徑包含一個或兩個原子，且該最短的鍵結路徑中的各自的鍵為共價鍵。若構成交聯結構的原子為可形成兩個以上的共價鍵者，則並無特別限定。關於「 R^7 是藉由在與 Ar^3 之間一個或兩個原子進行共價鍵結而形成的交聯結構」，亦同樣地進行說明。

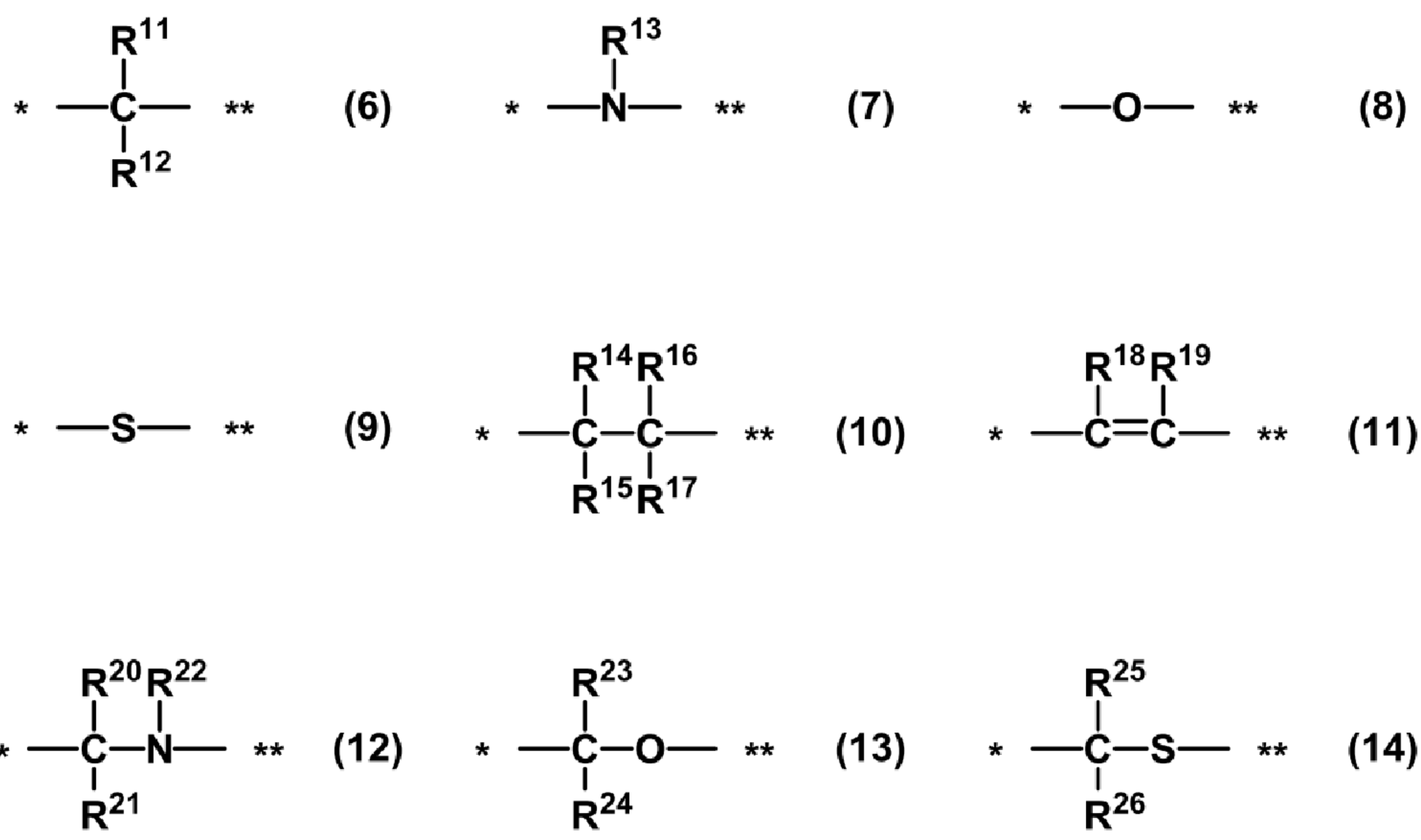
【0066】 就發光光譜的半值寬度的狹小化、影響元件耐久性的穩定性及包括再結晶精製在內的製造的容易性的觀點而言，較佳為 R^6 及 R^7 中的至少一者、更佳為兩者為氫原子、或者經取代或未經取代的烷基。另外，由於同樣的原因，較佳為通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物為通式（3）～通式（5）中的任一者所表示的吡咯亞甲基硼錯合物。

【0067】 [化 4]



【0068】 X^1 及 X^2 、 $Ar^1 \sim Ar^4$ 以及 $R^1 \sim R^7$ 為如上所述。 Y^1 及 Y^2 是包含一個原子或串聯排列的兩個原子的交聯結構，所述原子選自由經取代或未經取代的碳原子、經取代或未經取代的矽原子、經取代或未經取代的氮原子、經取代或未經取代的磷原子、氧原子及硫原子所組成的群組中。於所述交聯結構包含串聯排列的兩個原子的情況下，該兩個原子可利用雙鍵連結。此處，所謂包含一個原子或串聯排列的兩個原子的交聯結構，表示形成交聯部的主鏈的原子為一個或兩個。作為此種交聯結構，可例示通式（6）～通式（14）所示的結構，但並不限定於該些。

【0069】 [化 5]



【0070】 *表示與吡咯環的連結部，**表示與 Ar³ 或 Ar⁴ 的連結部。R¹¹～R²⁶ 選自與 R³～R⁵ 相同的官能基群組中。就化合物的穩定性及製造的容易性的觀點而言，R¹¹～R²⁶ 較佳為選自氫原子、烷基、環烷基及芳基中的任一種，更佳為氫原子或烷基，進而佳為氫原子。

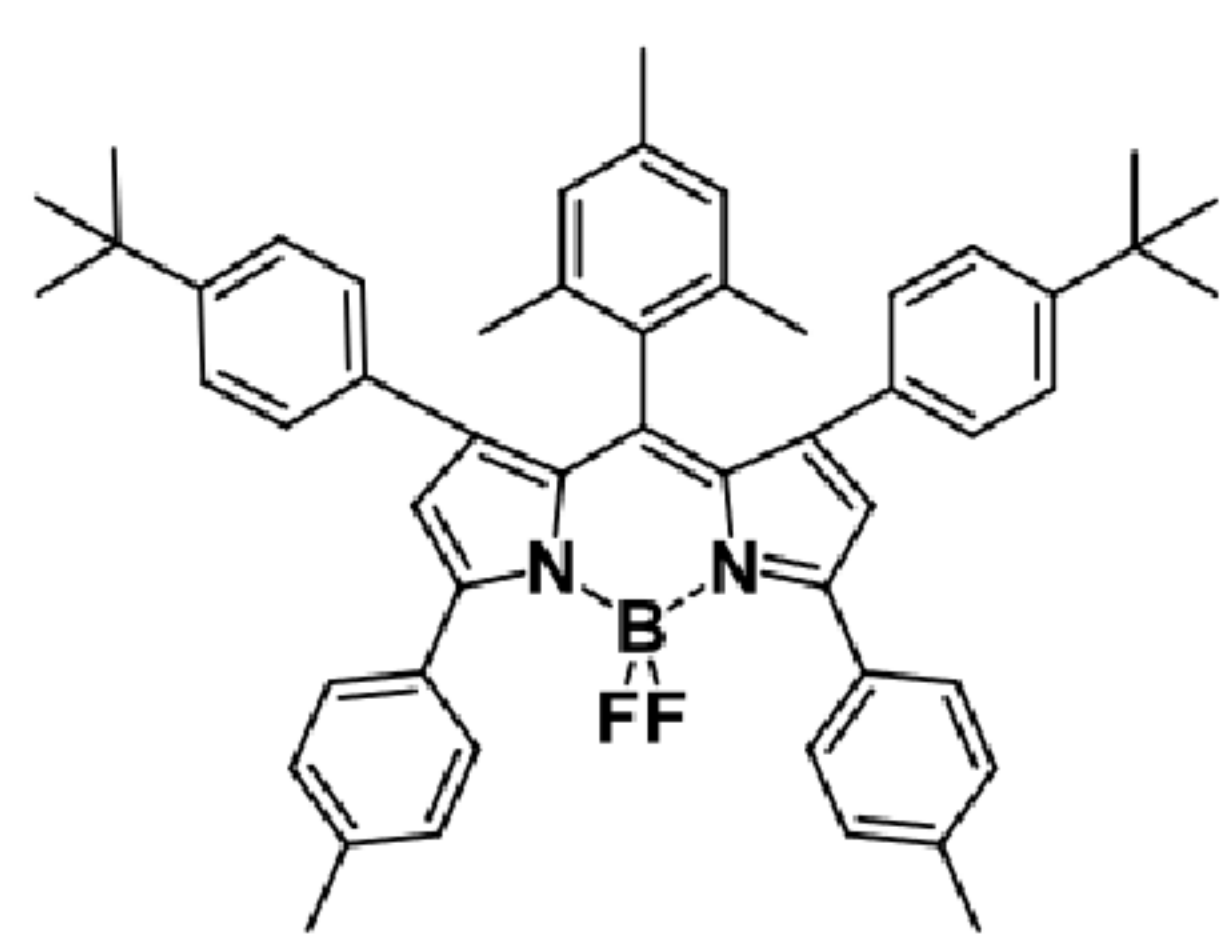
【0071】 就合成及精製的容易度的觀點而言，本發明的吡咯亞甲基硼錯合物較佳為同時滿足 Ar¹=Ar²、Ar³=Ar⁴ 及 R⁶=R⁷。於滿足該關係的情況下，原料的吡咯衍生物可為一種，可以一階段進行向中位的導入，因此於合成上有優勢。另外，由於分子的對稱性提高，因此結晶性變高，利用再結晶進行的精製變得更容易。

【0072】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的分子量並無特別限定，較佳為在蒸鍍步驟變得容易的範圍內。具體而言，就可獲得穩定的蒸鍍速率的觀點而言，通式（1）的吡咯亞甲基硼錯

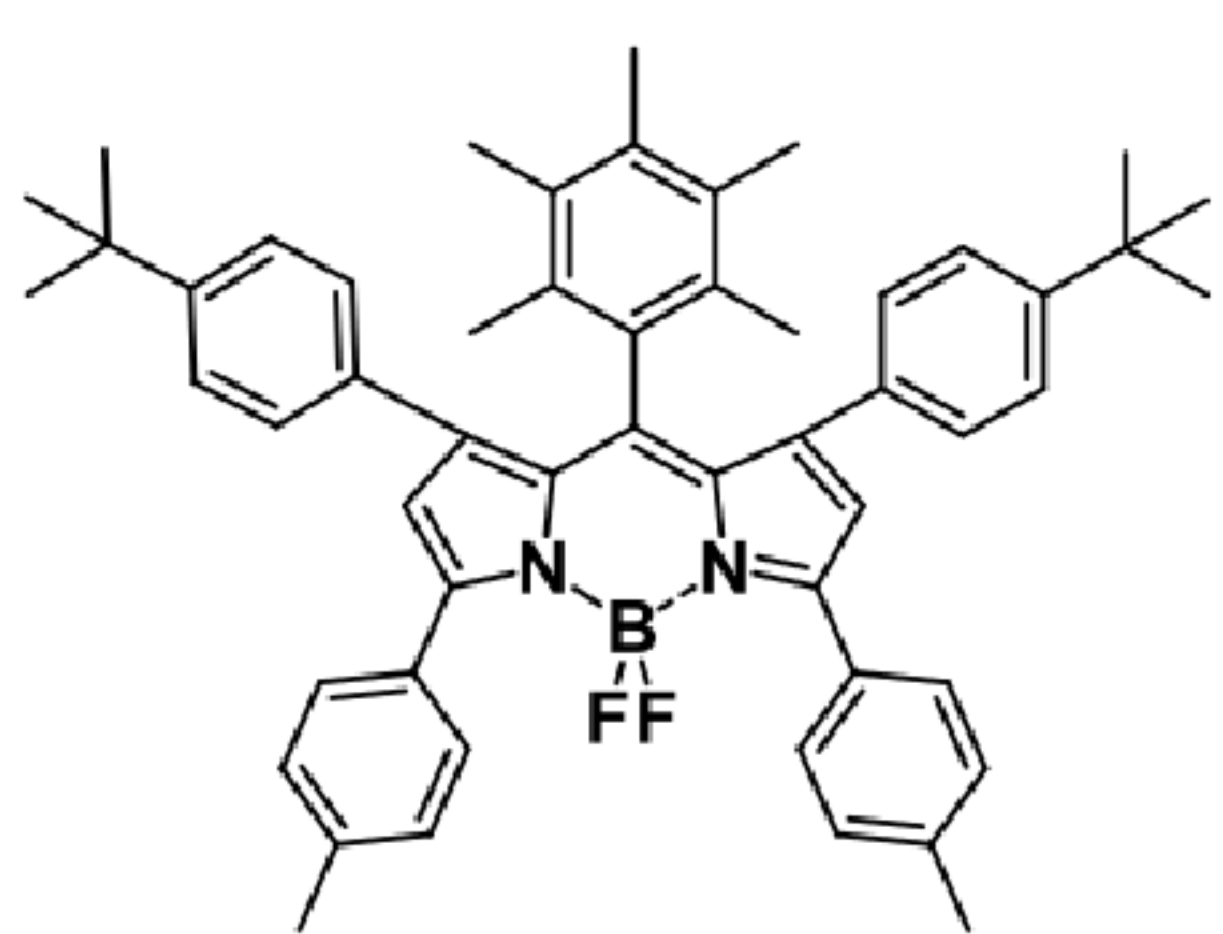
合物的分子量較佳為 500 以上，更佳為 600 以上，進而佳為 700 以上。另外，就防止蒸鍍溫度變得過高而分解的觀點而言，分子量較佳為 1200 以下，更佳為 1000 以下。

【0073】 以下示出通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的一例，但並不限定於該些。

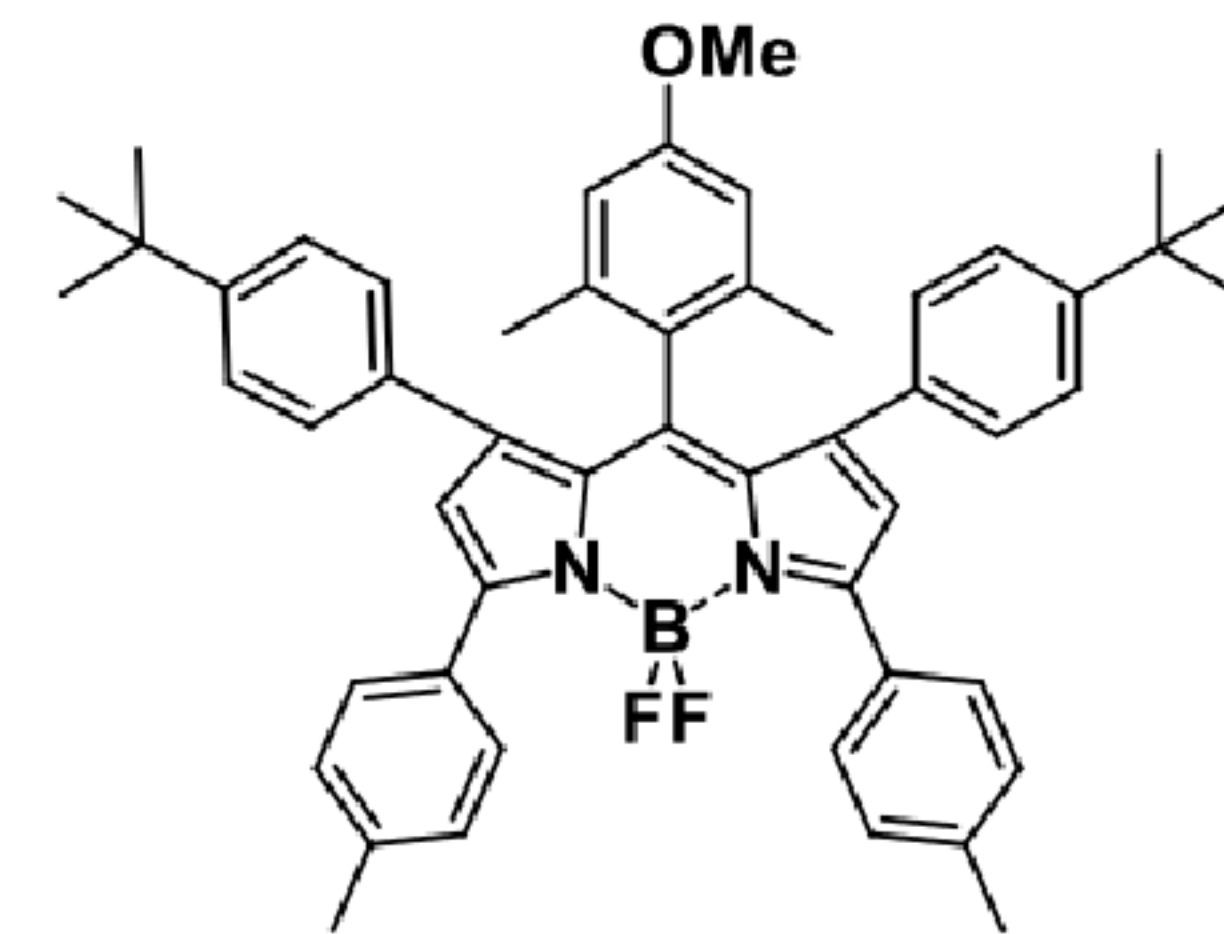
【0074】 [化 6]



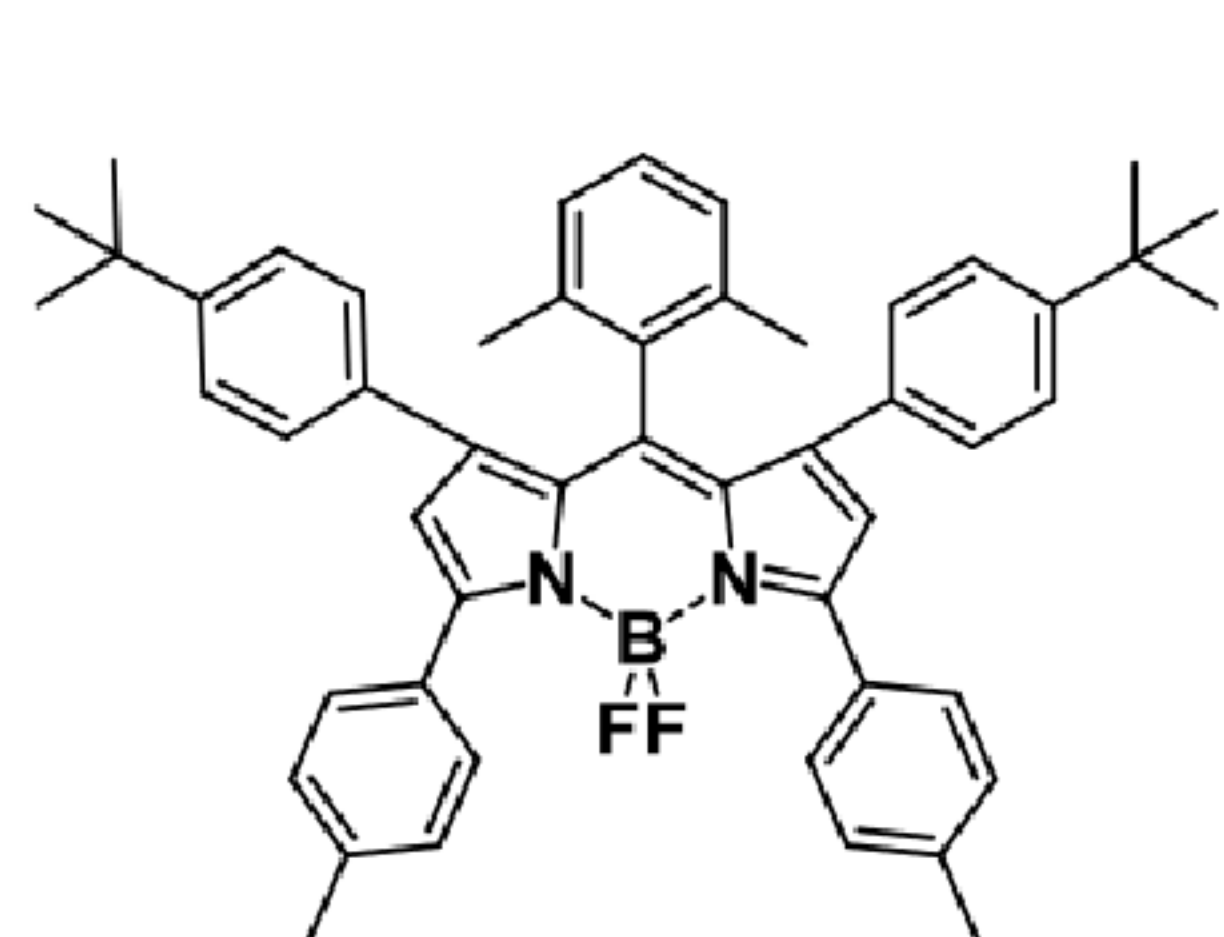
6-1



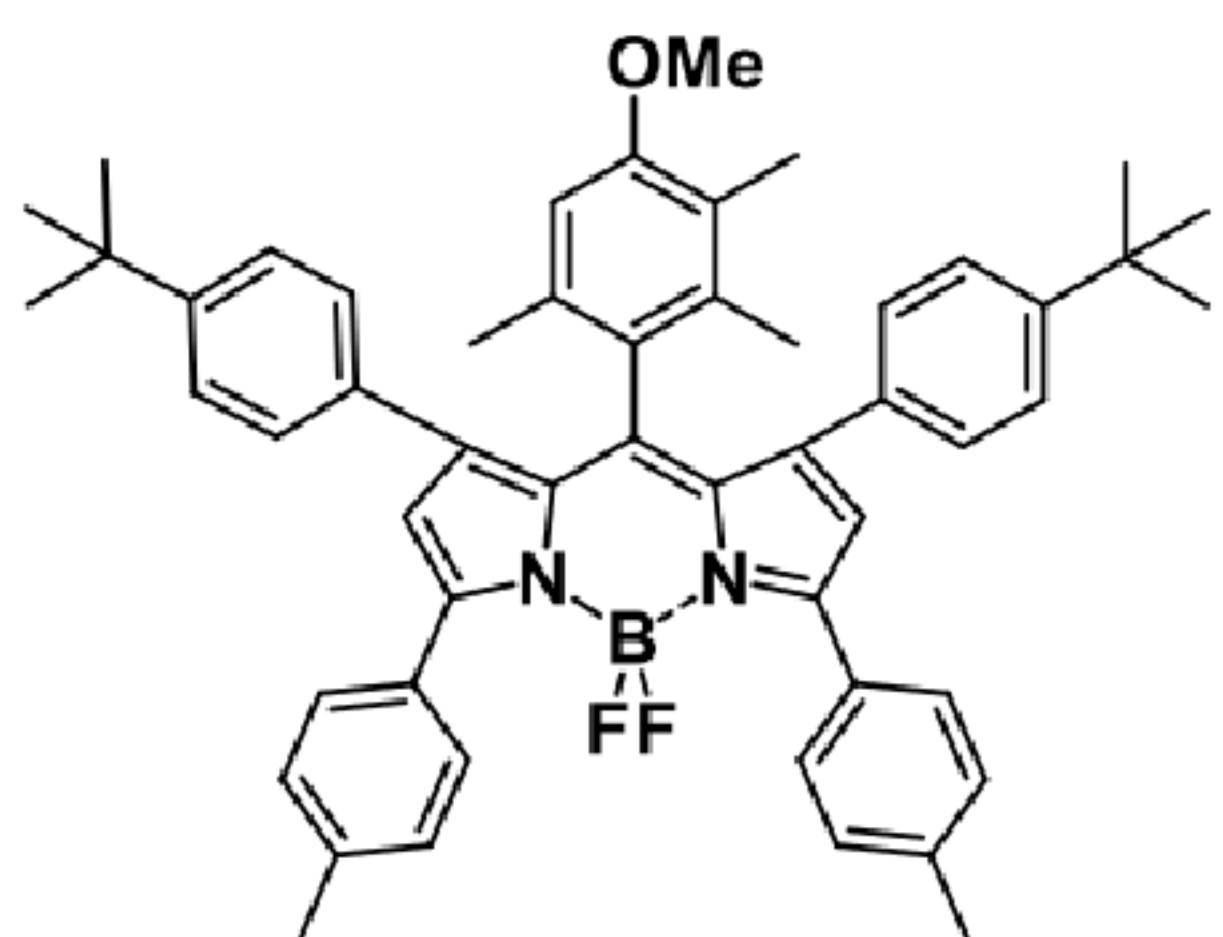
6-2



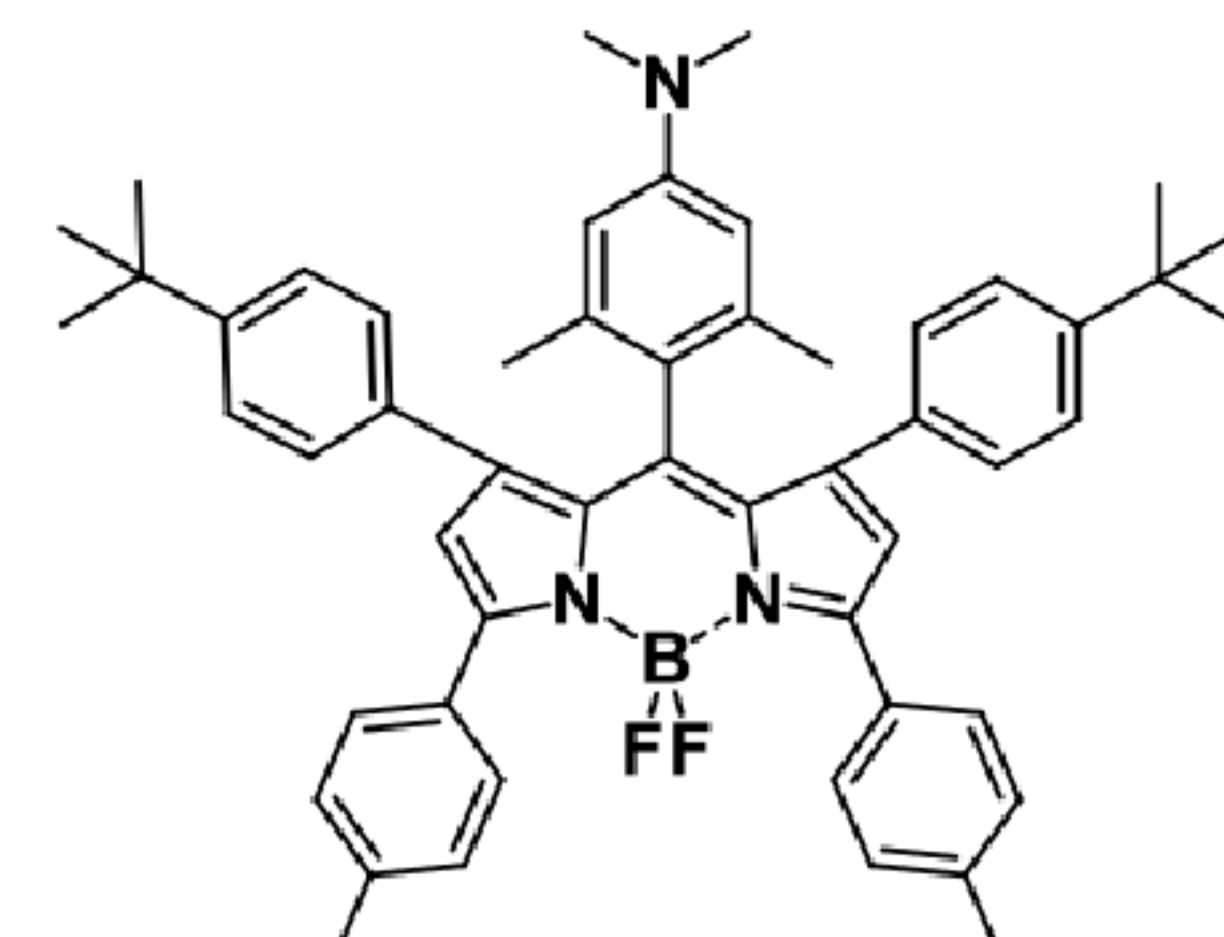
6-3



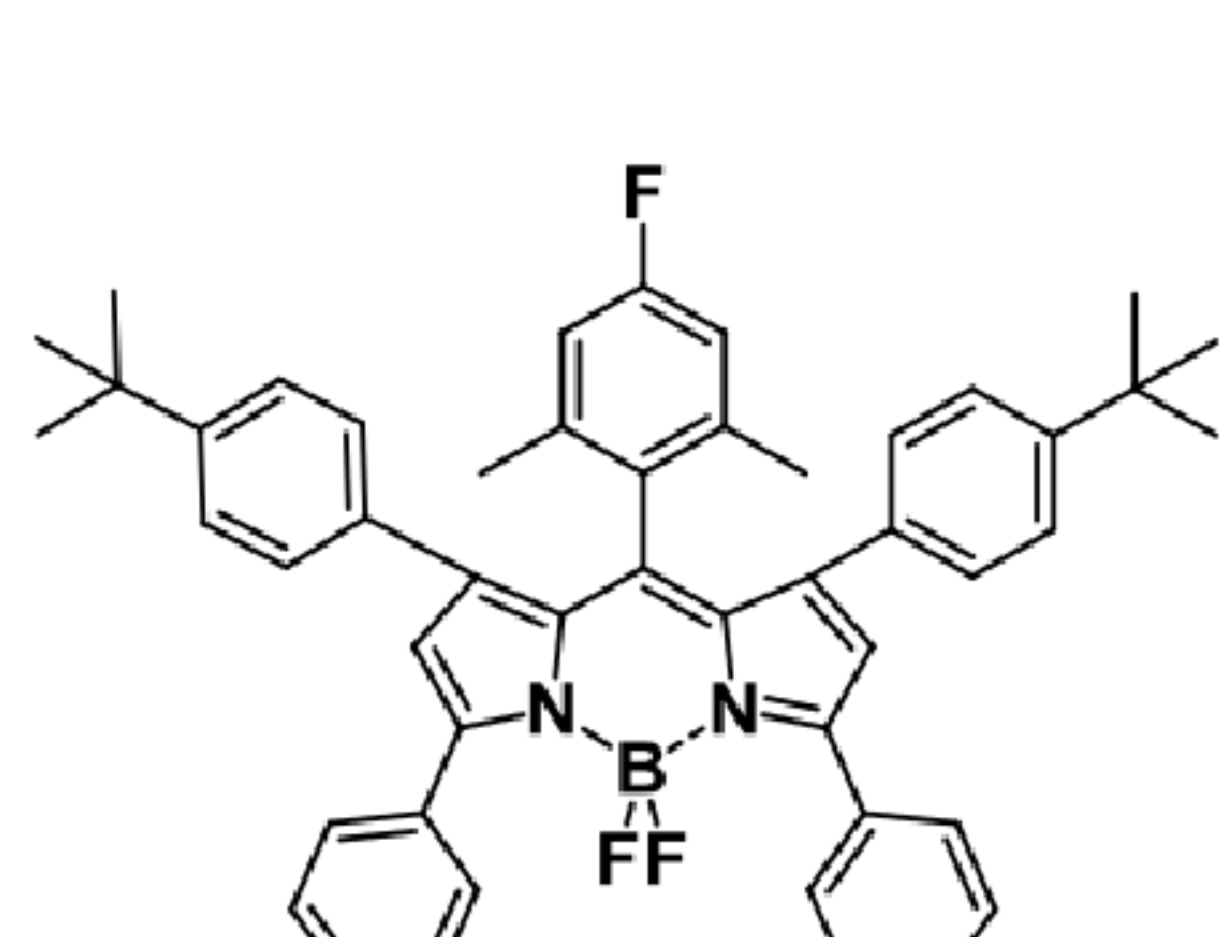
6-4



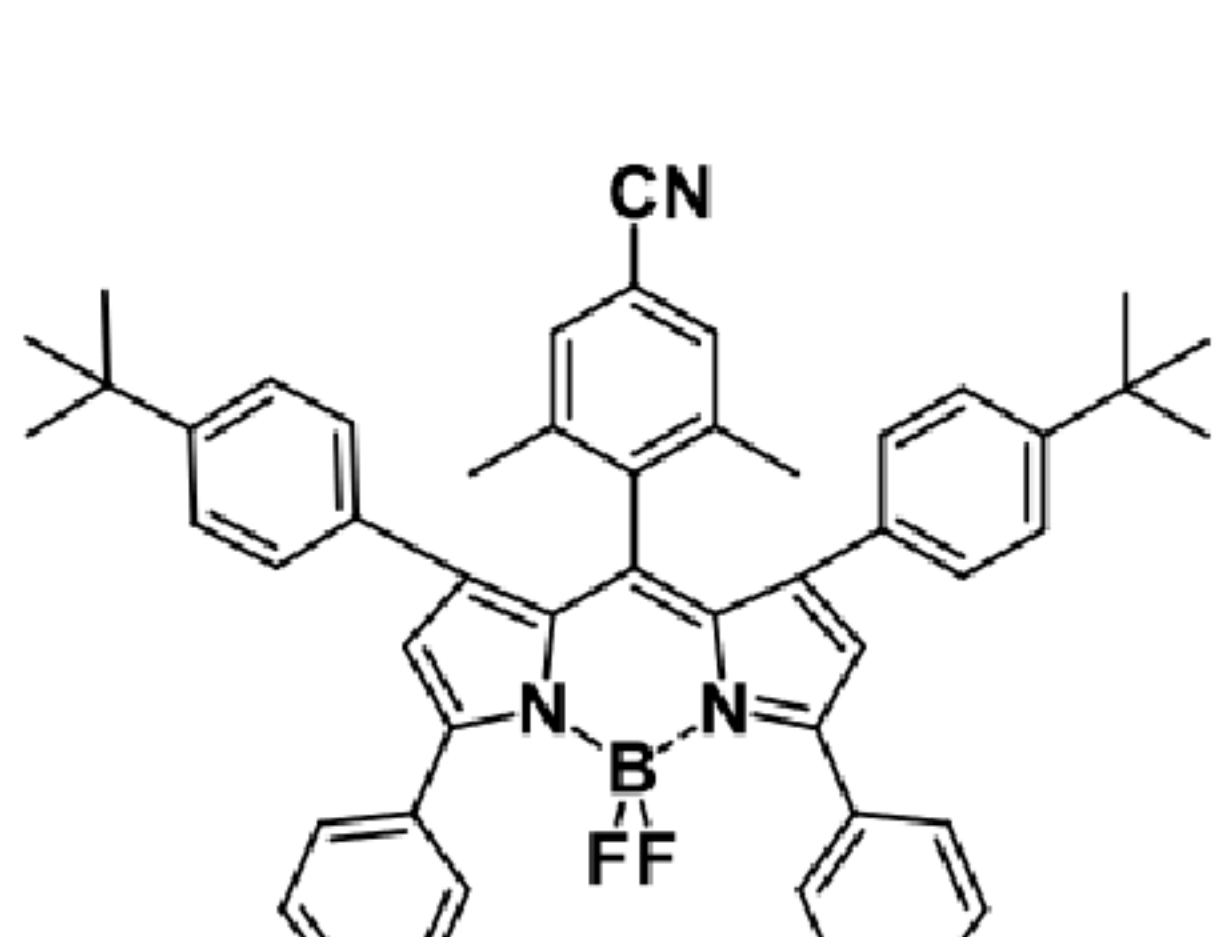
6-5



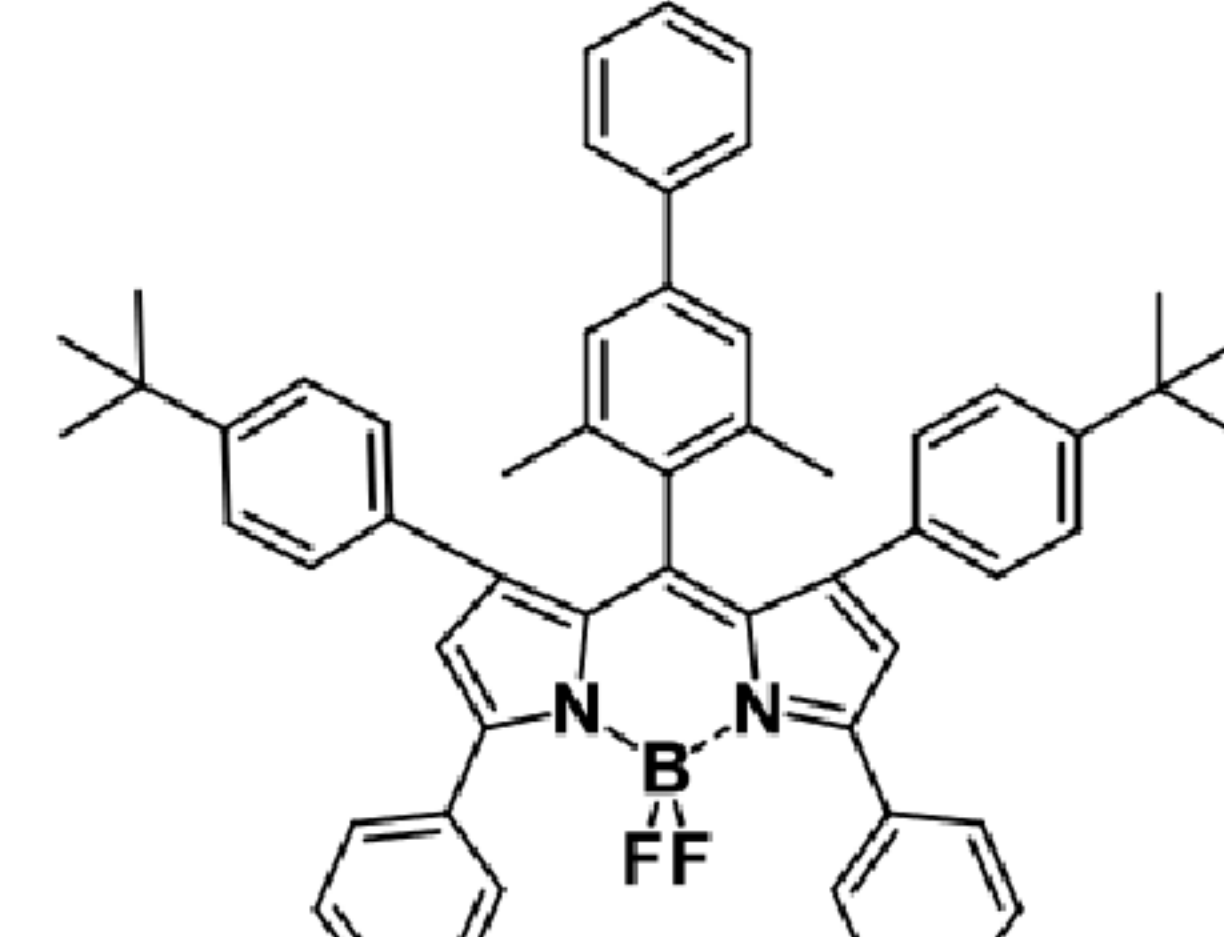
6-6



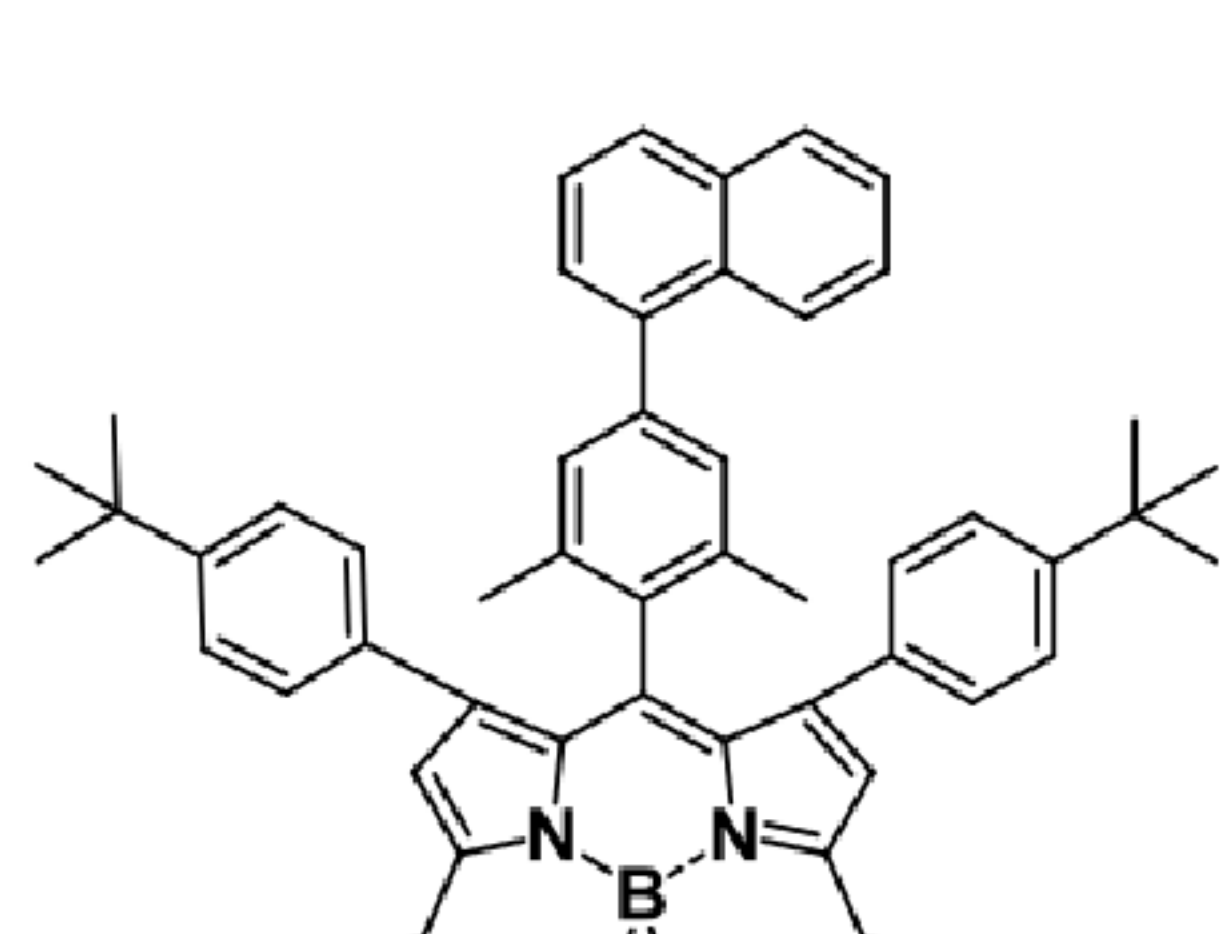
6-7



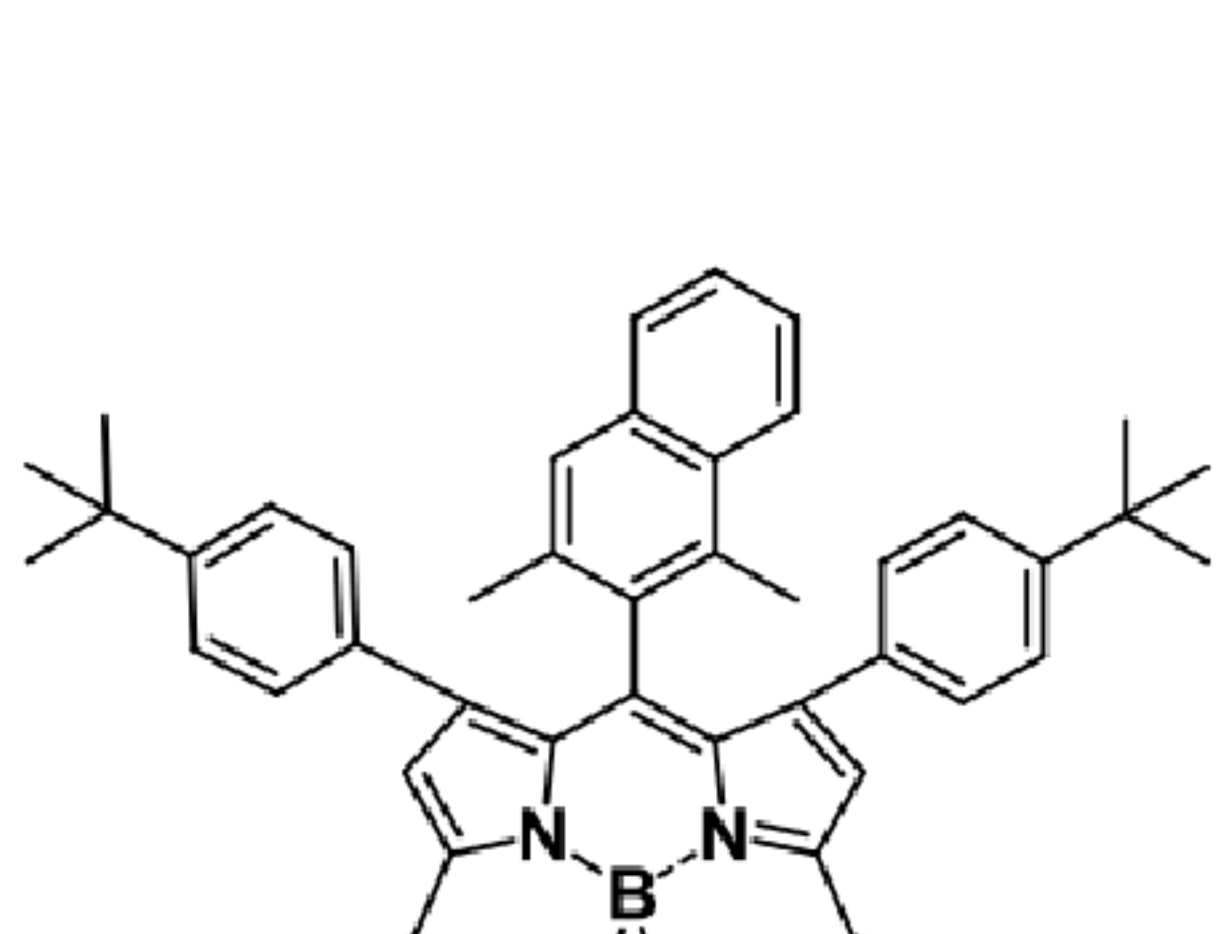
6-8



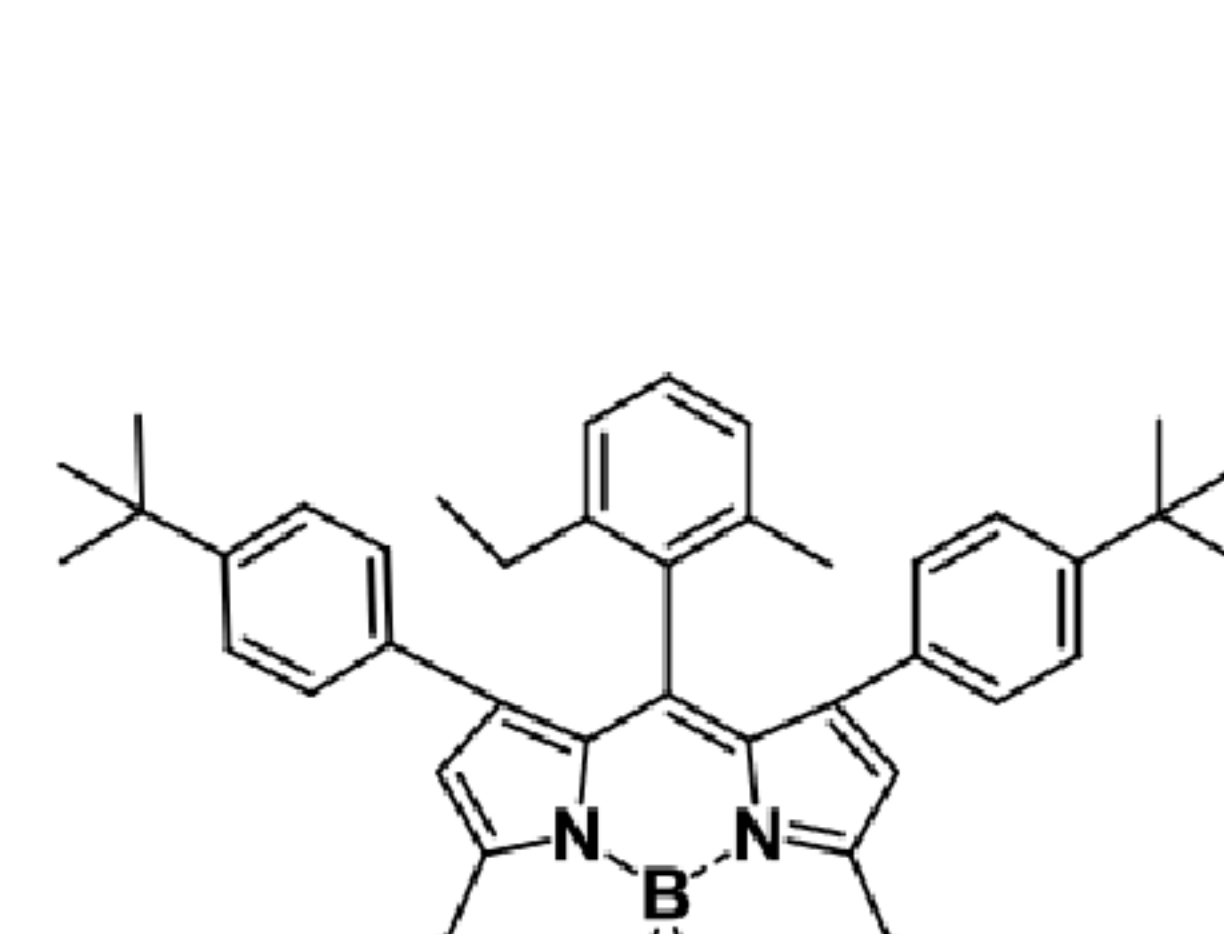
6-9



6-10

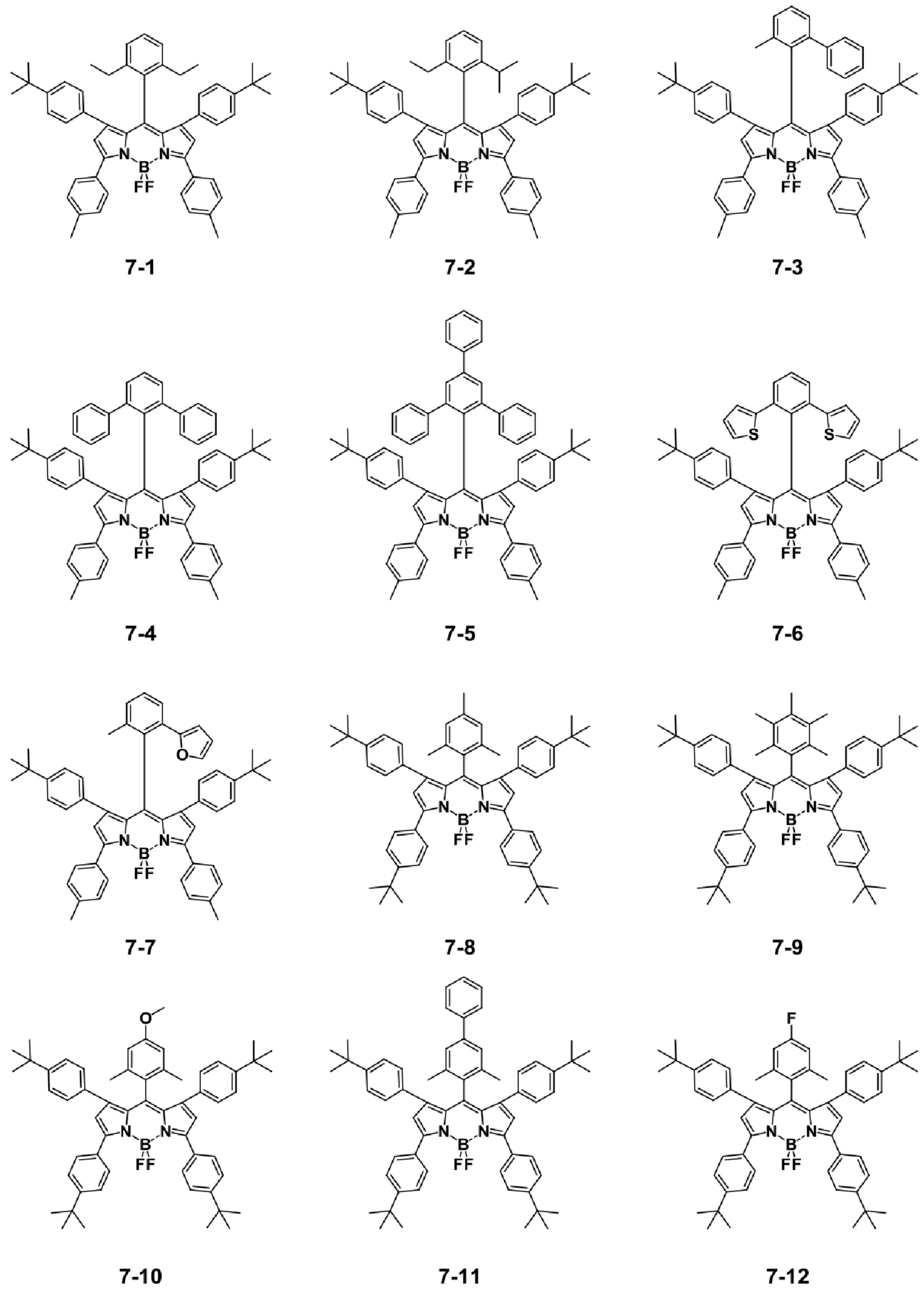


6-11

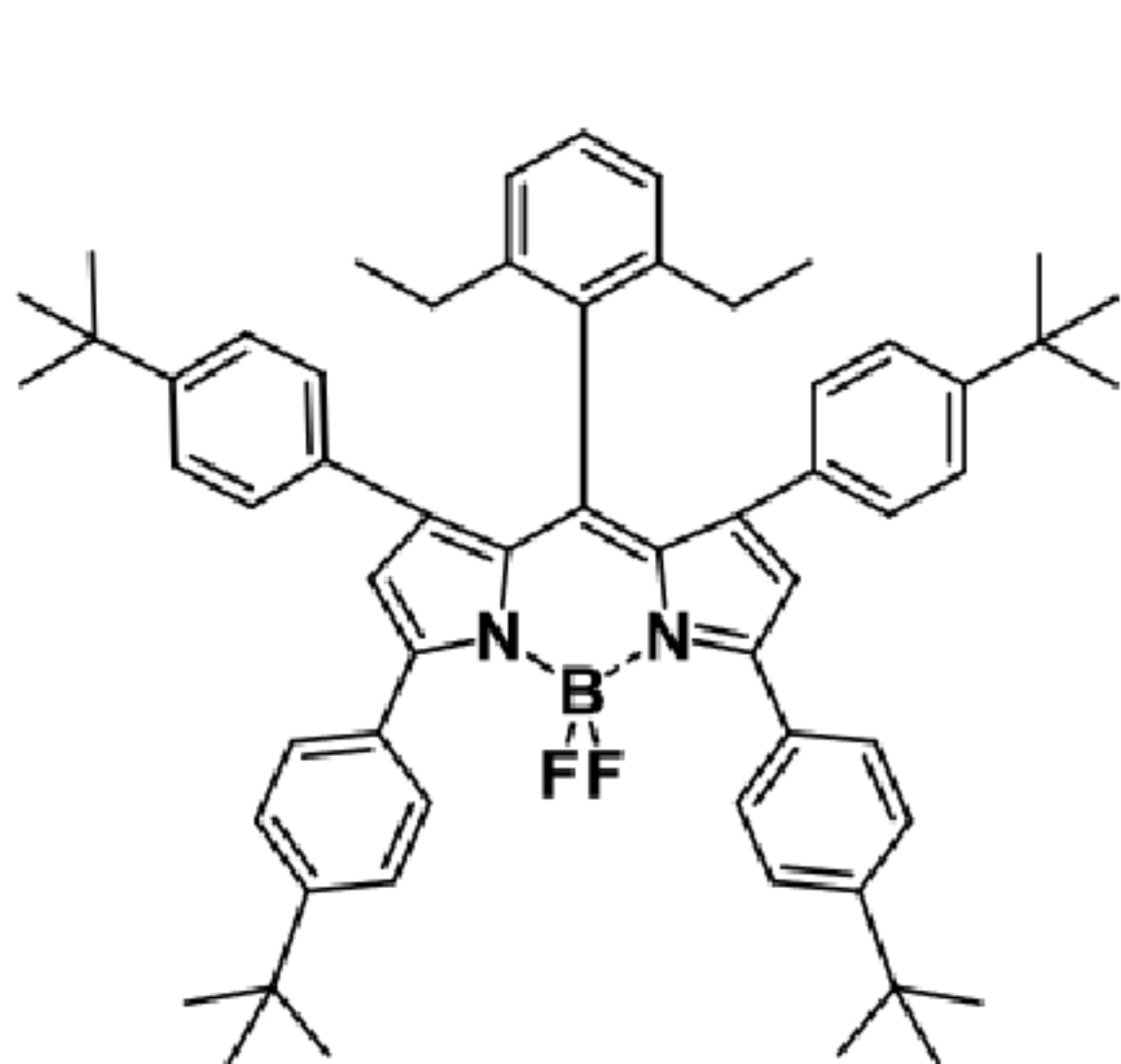


6-12

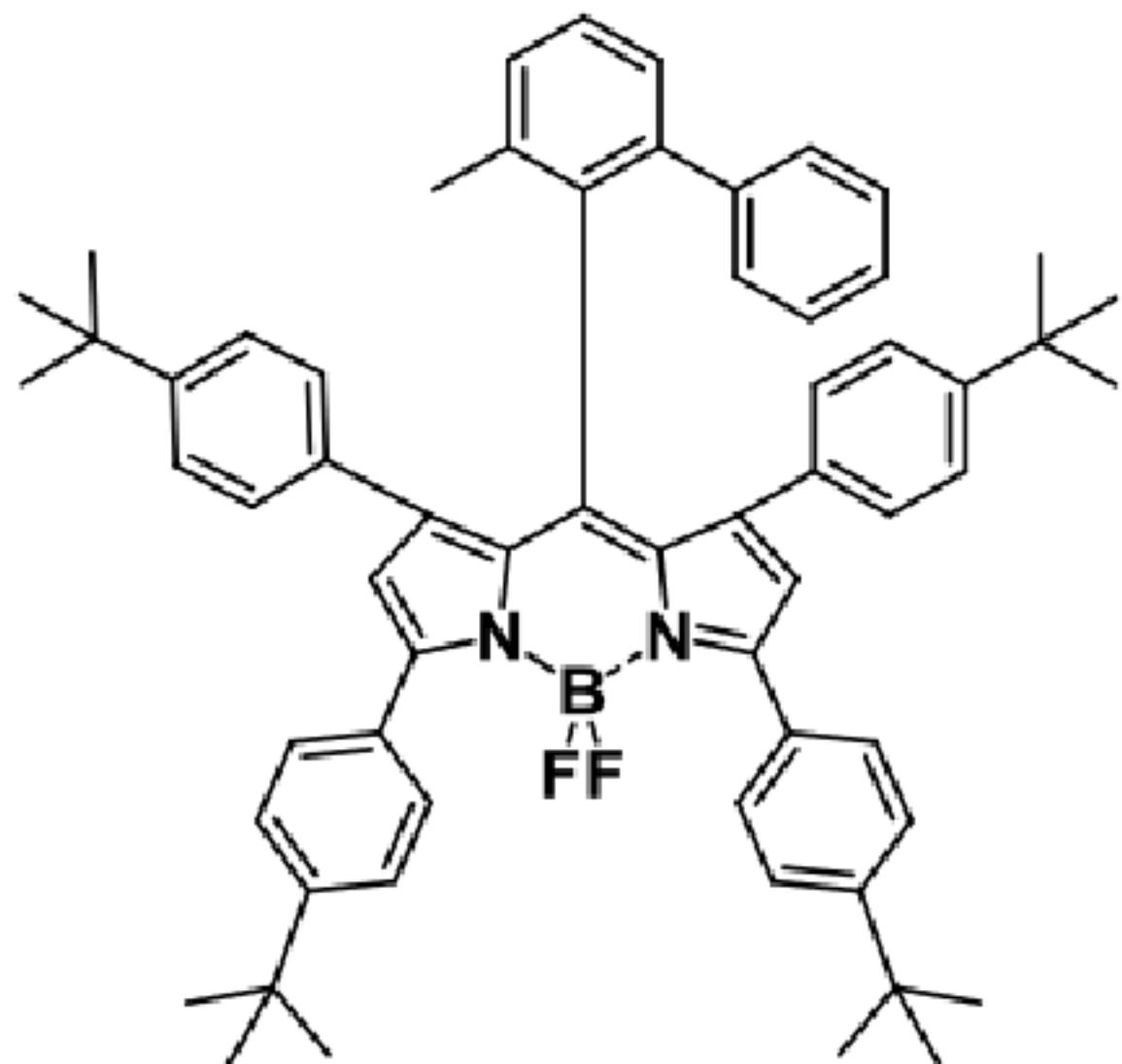
【0075】 [化 7]



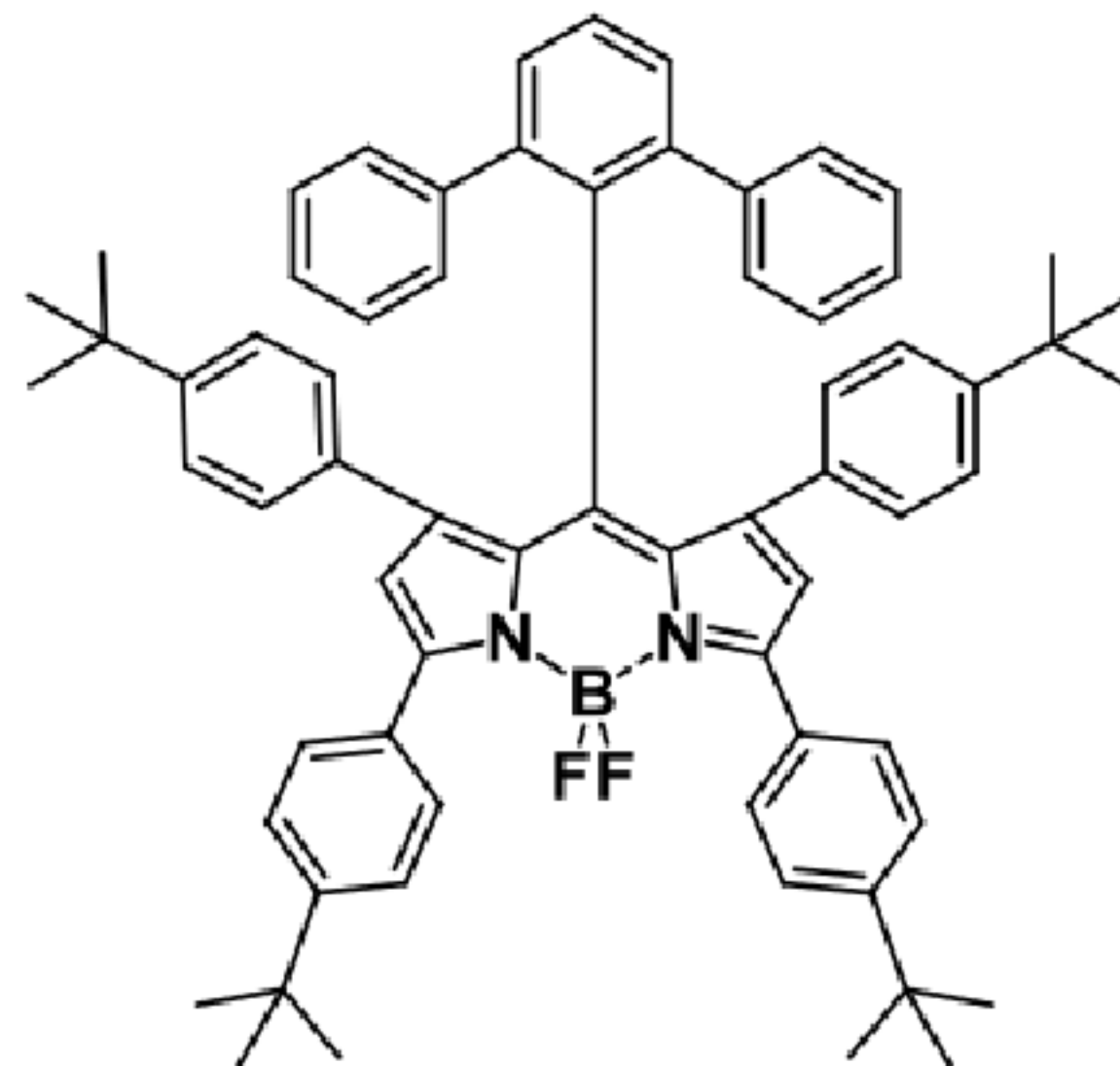
【 0076 】 [化 8]



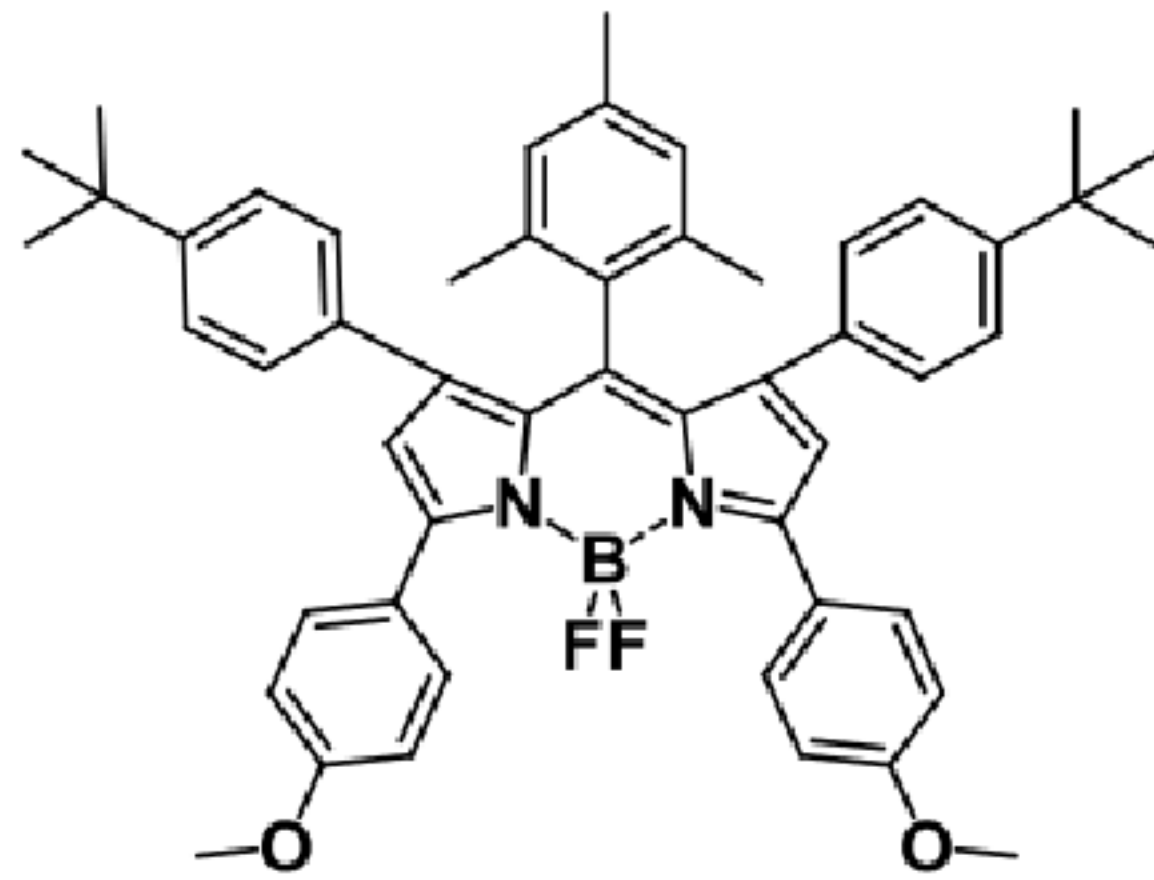
8-1



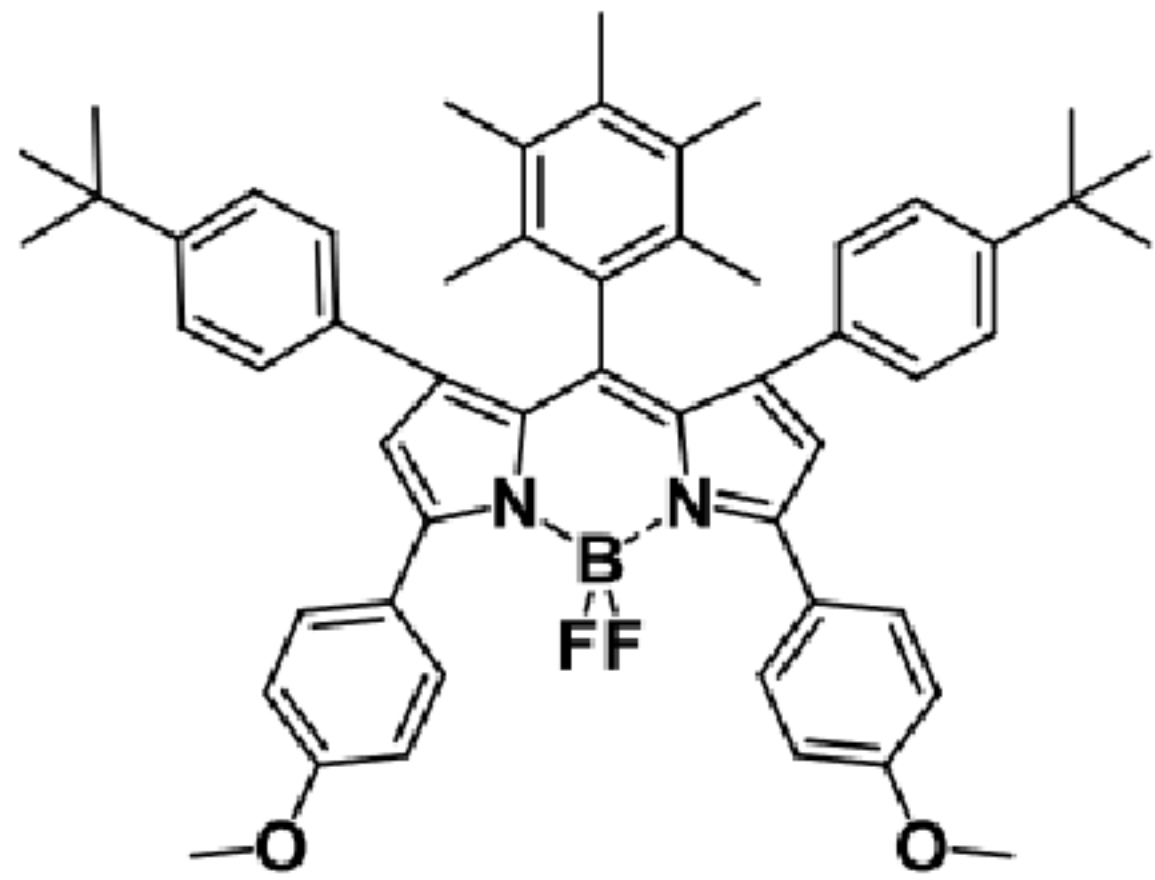
8-2



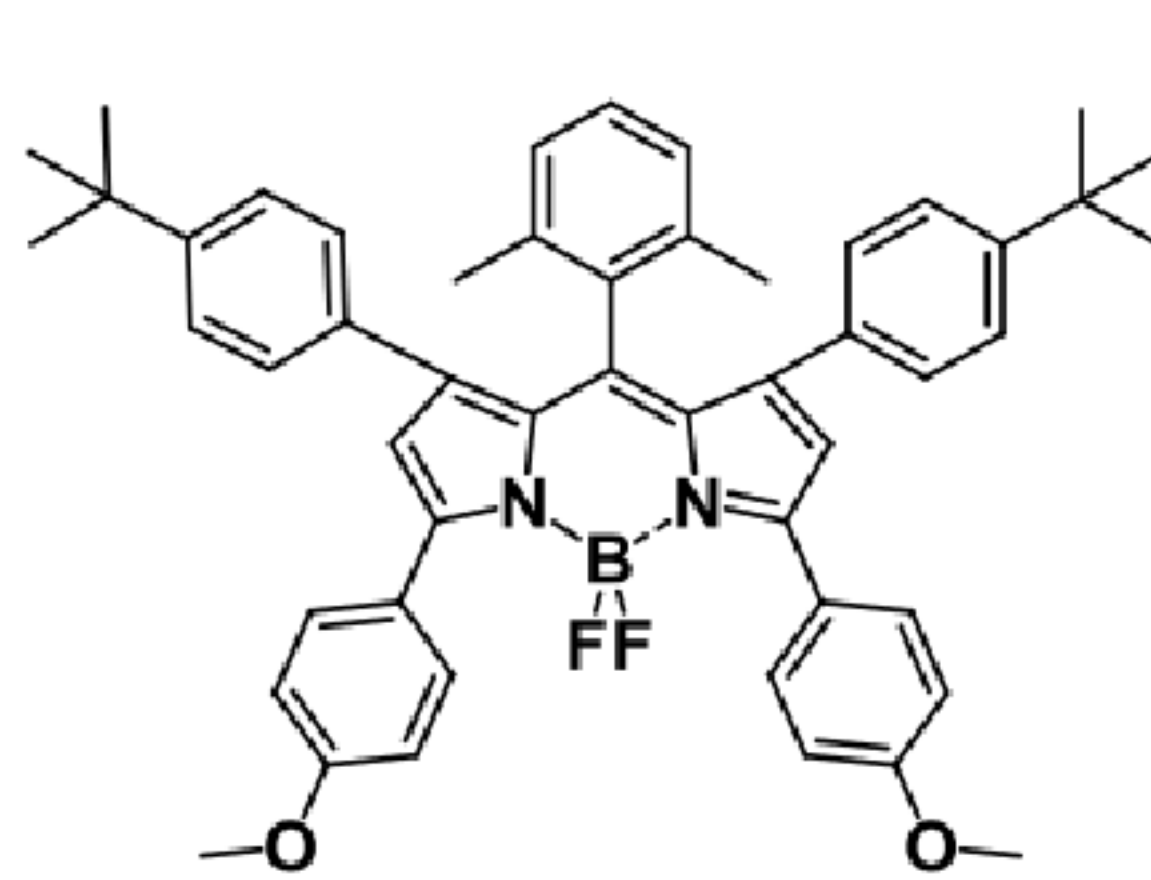
8-3



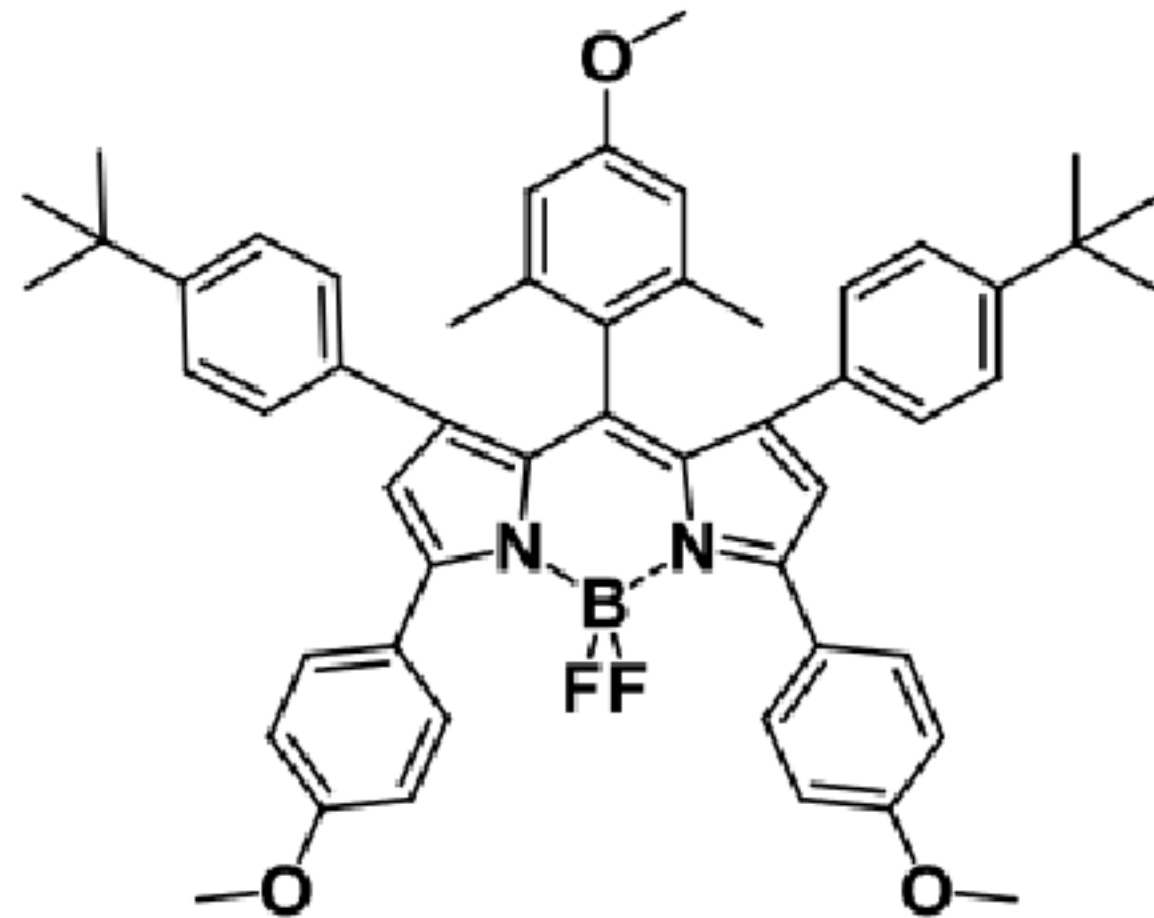
8-4



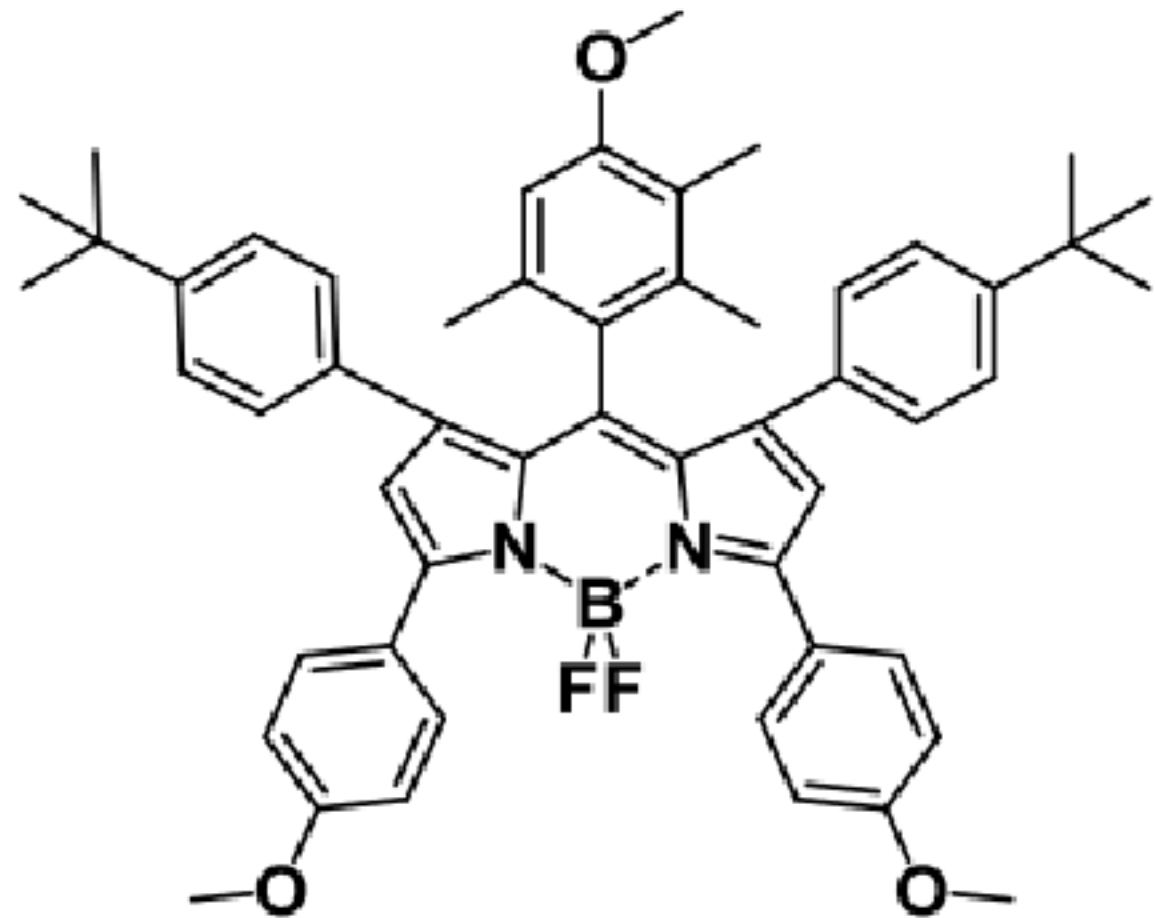
8-5



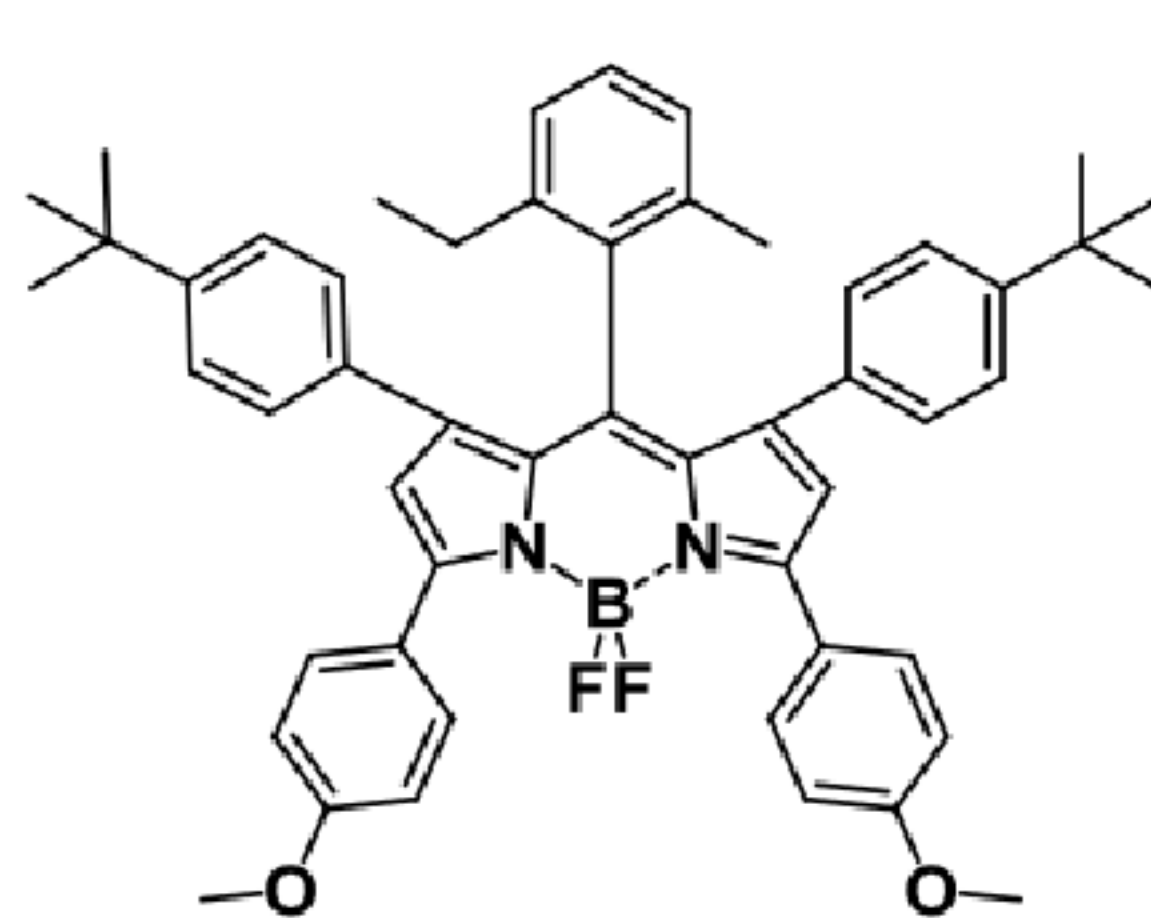
8-6



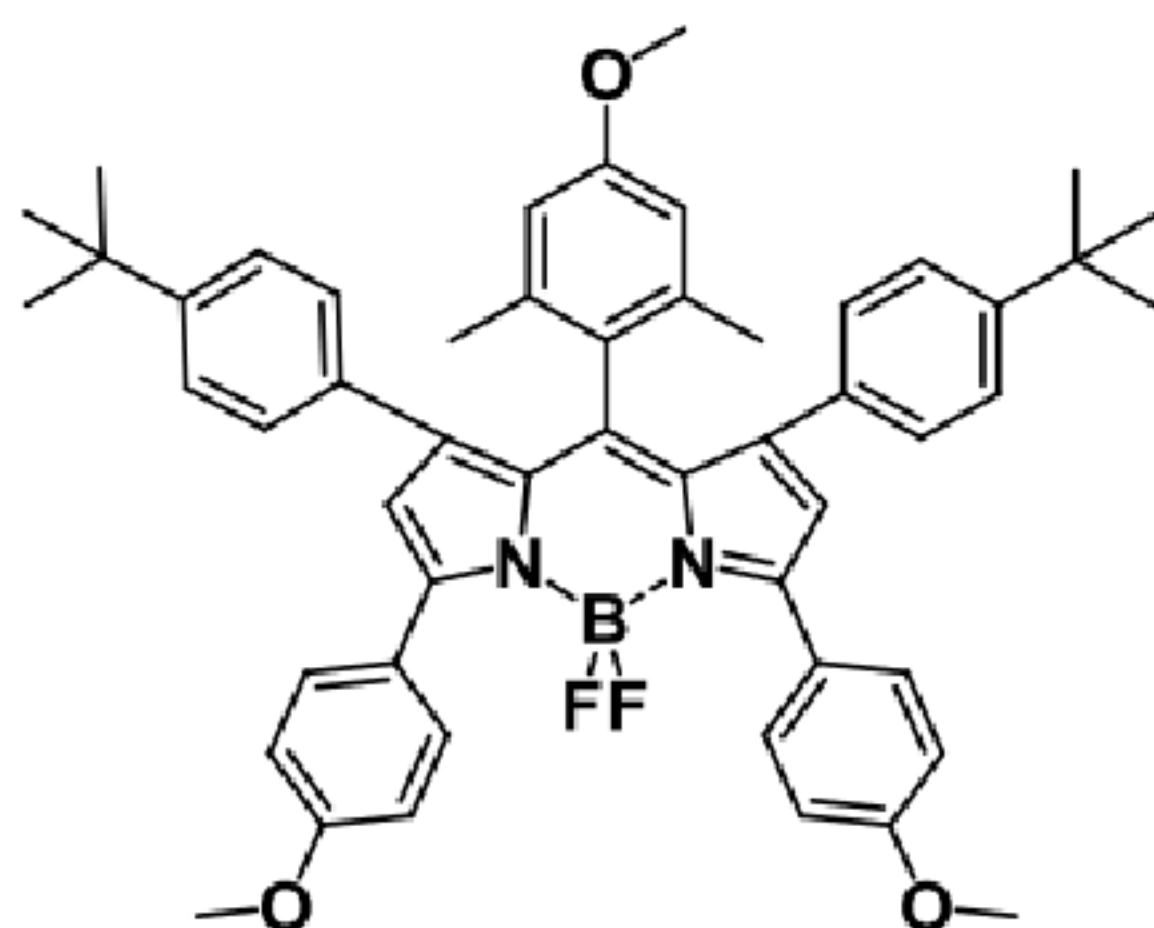
8-7



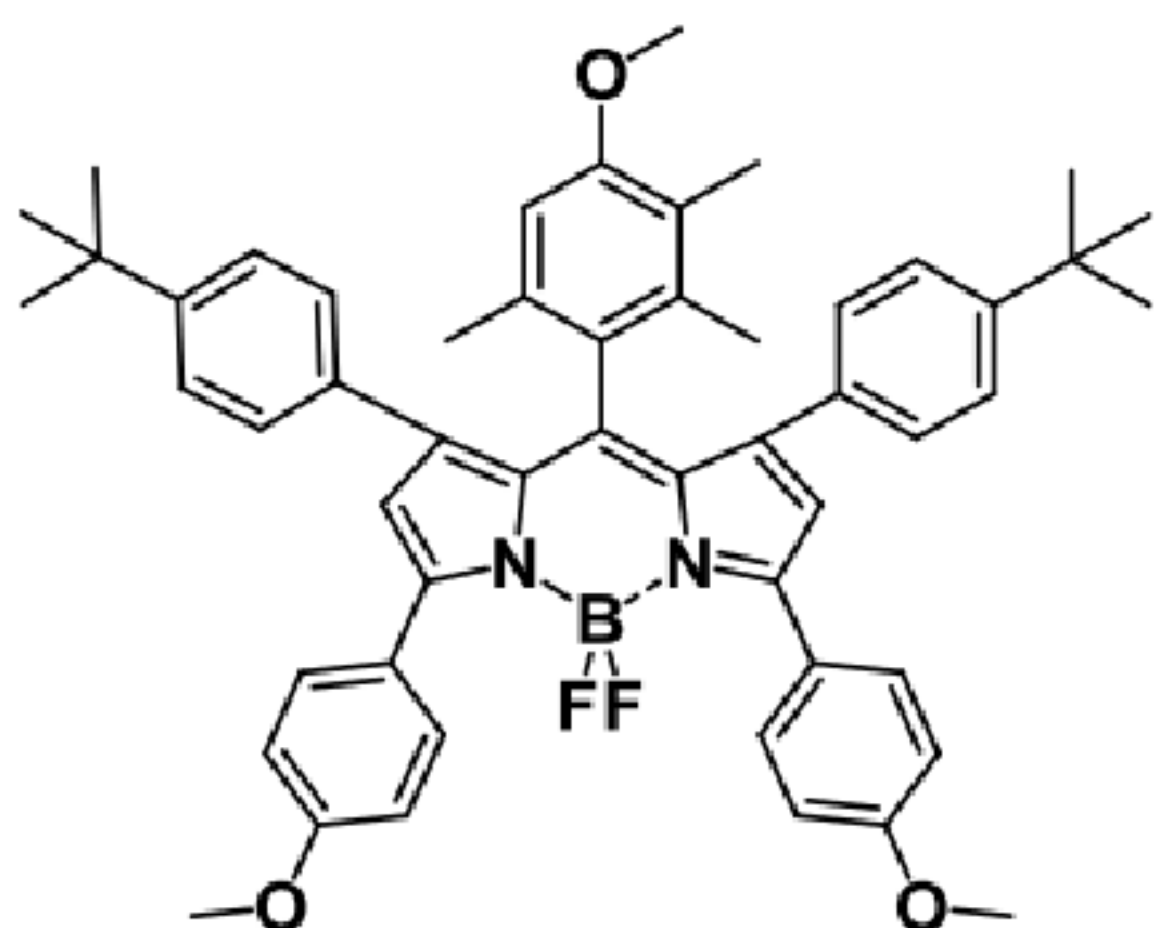
8-8



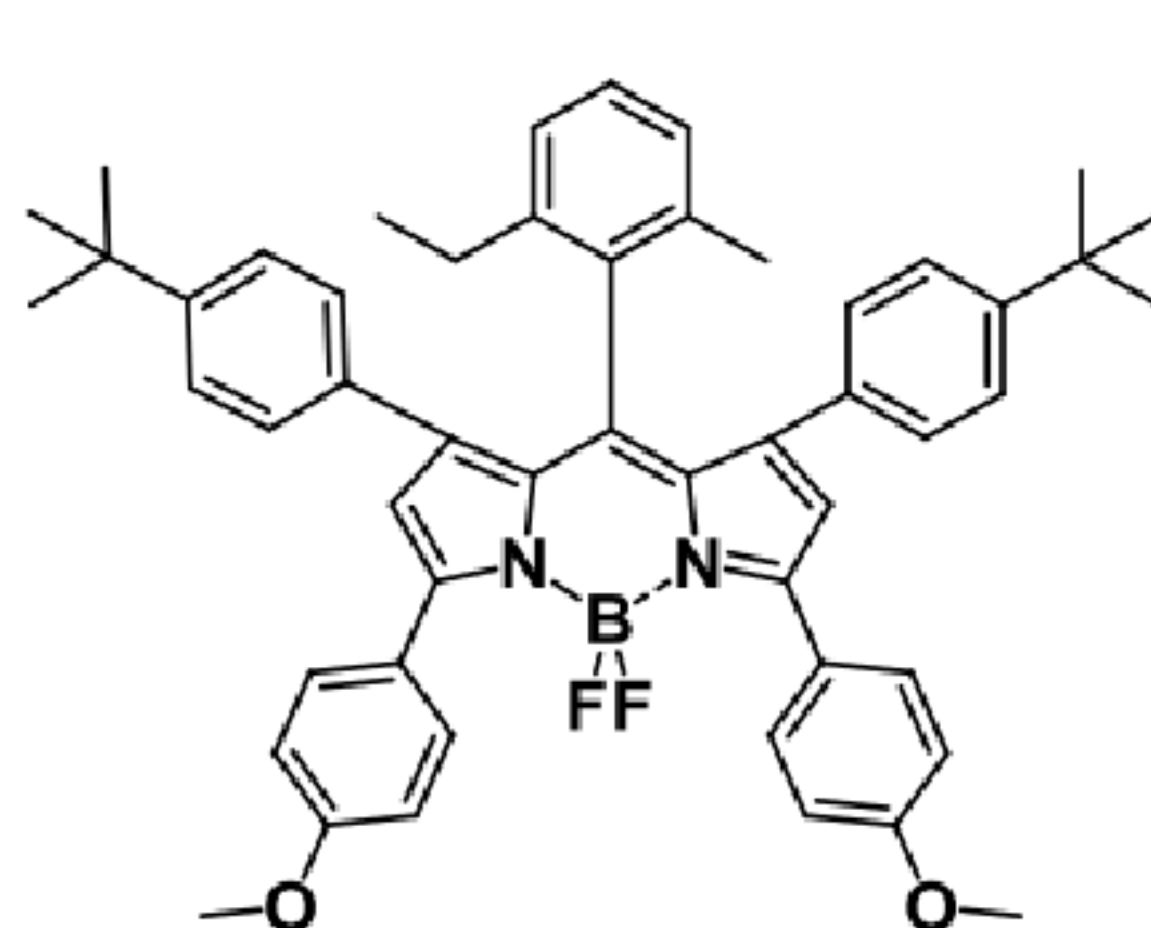
8-9



8-10

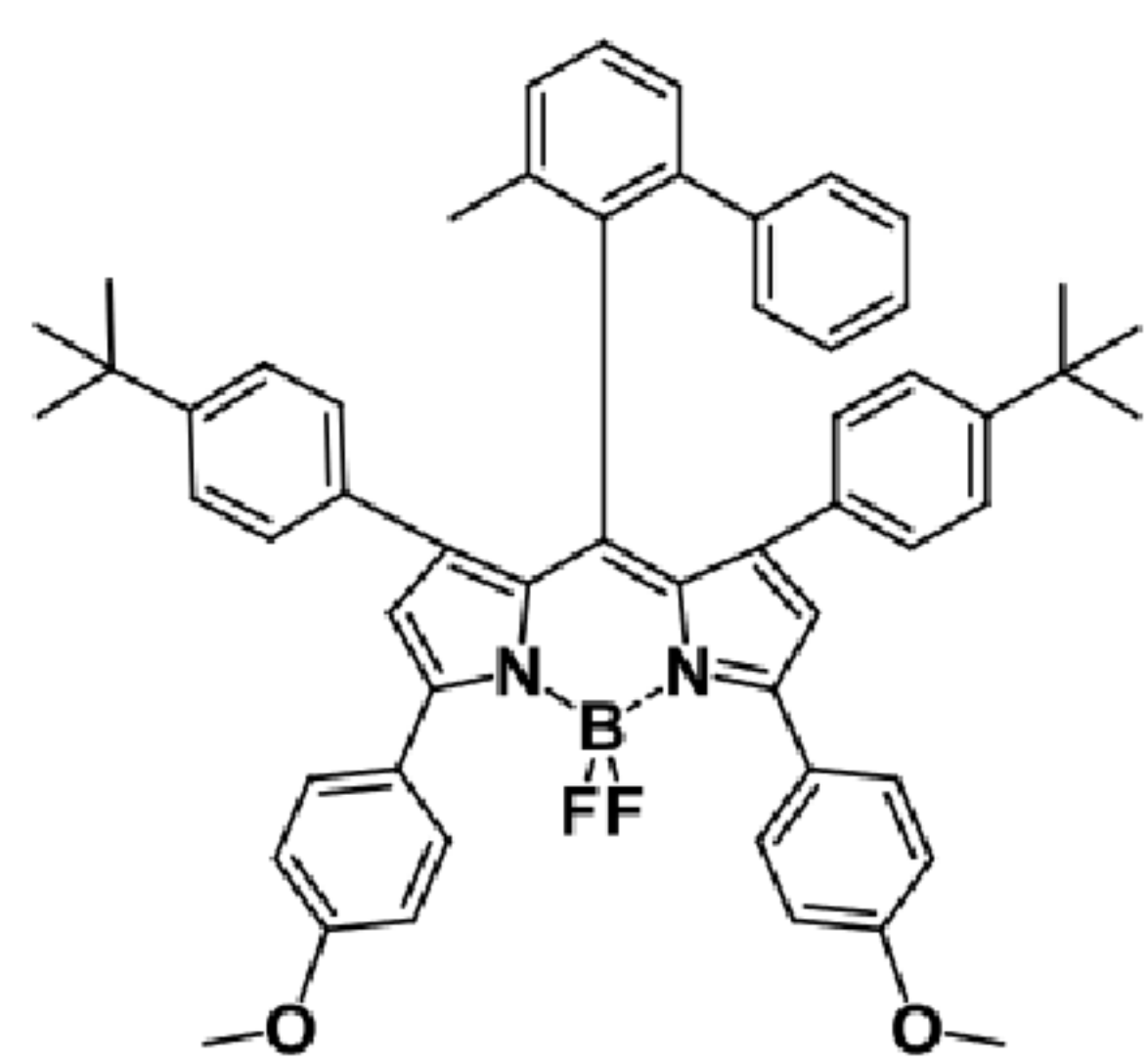


8-11

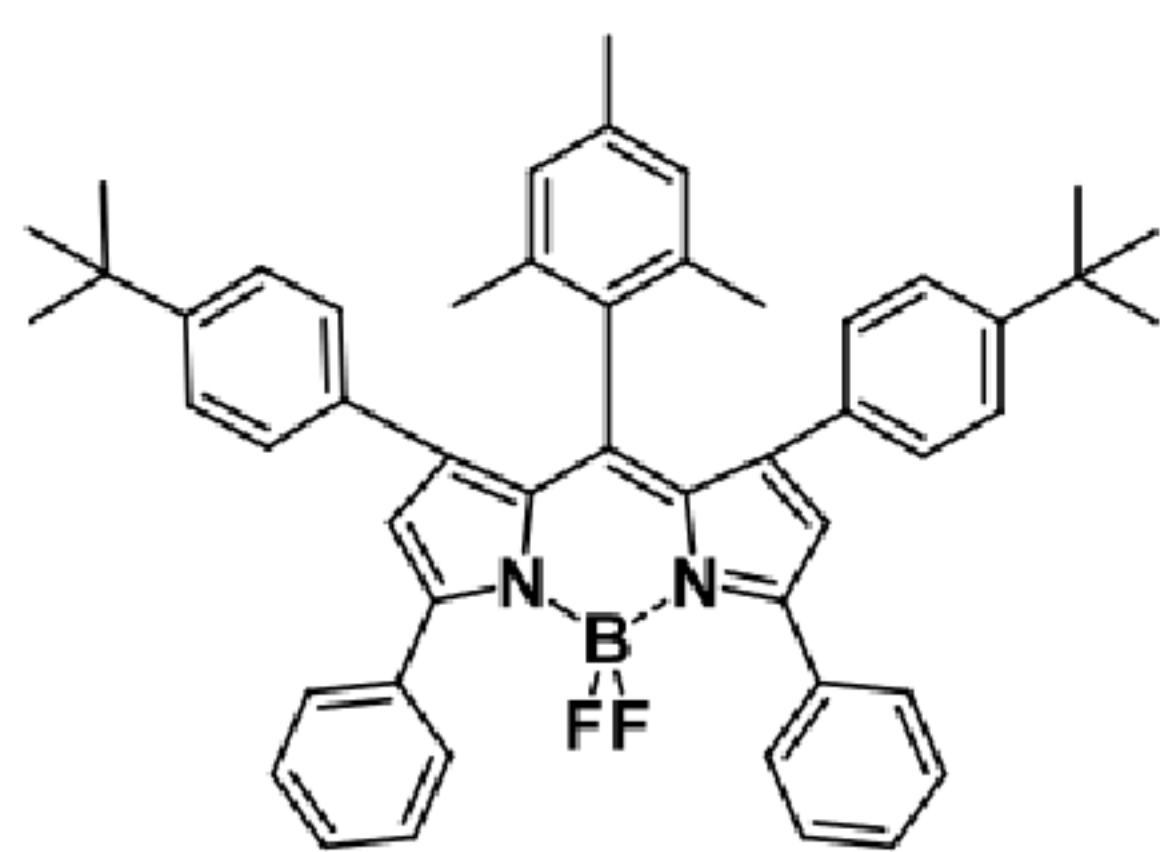


8-12

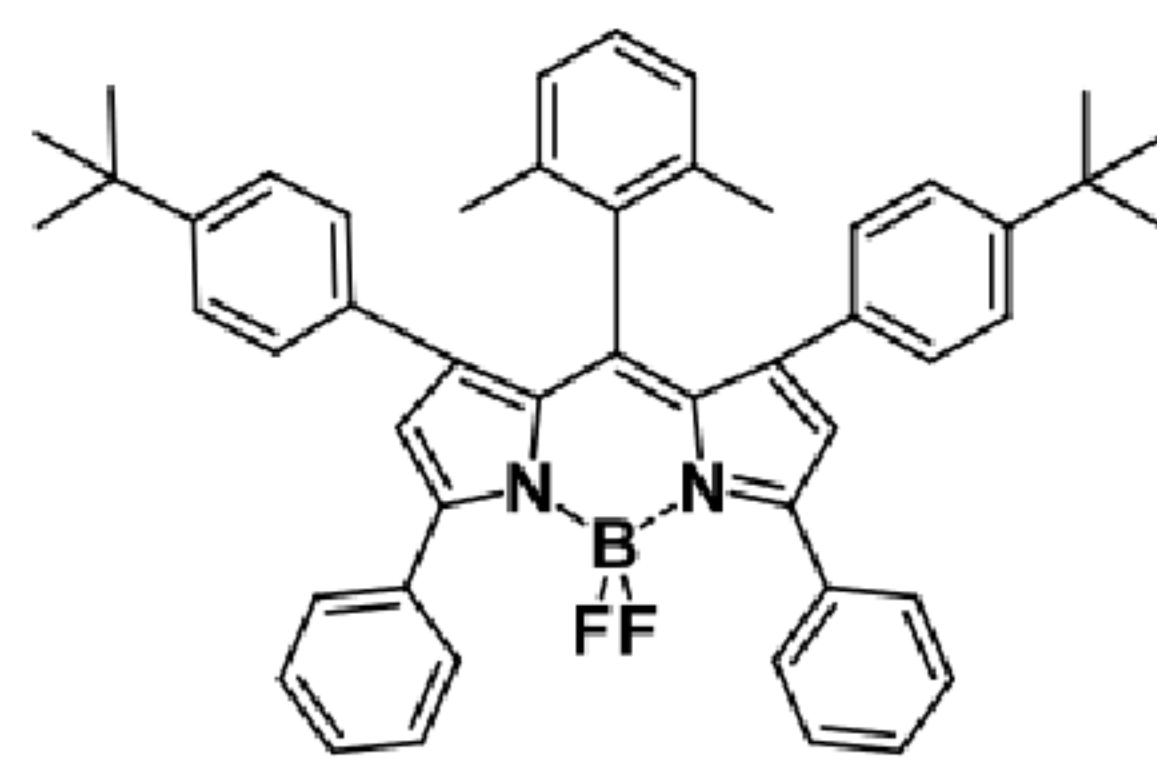
【0077】 [化 9]



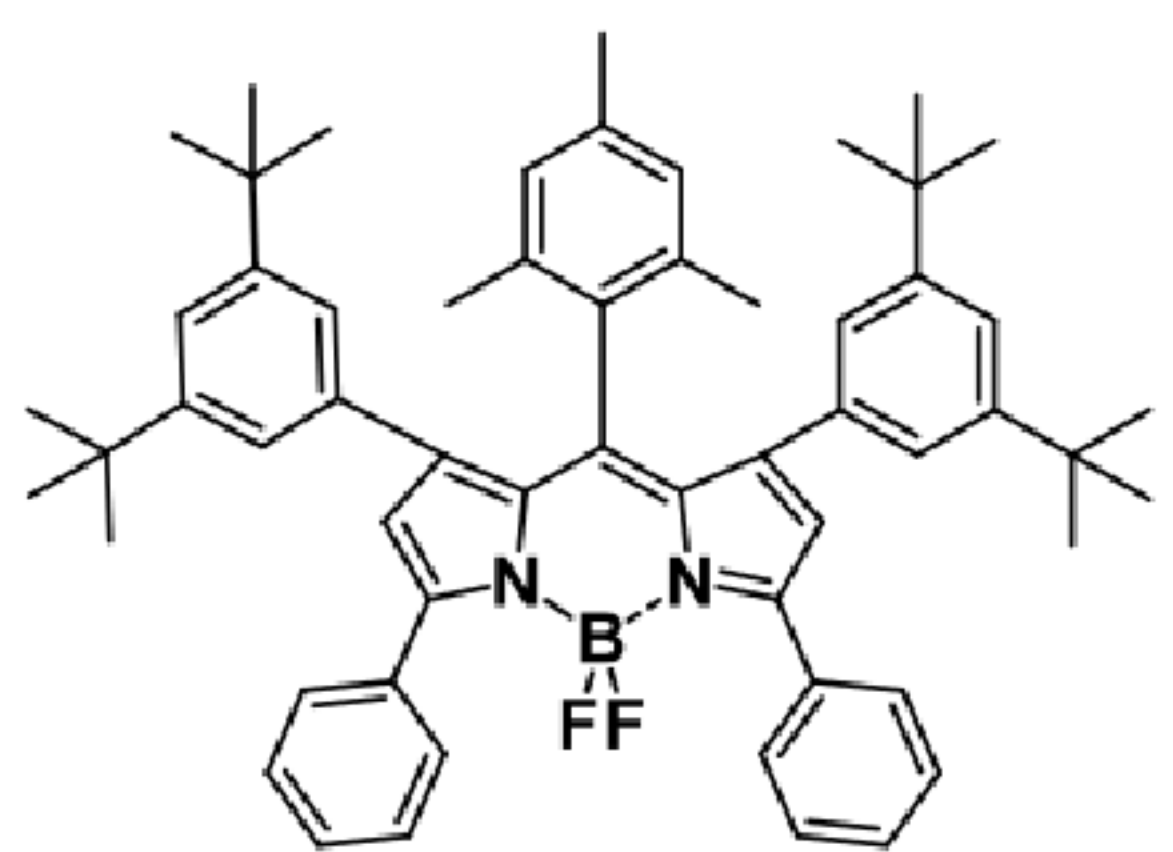
9-1



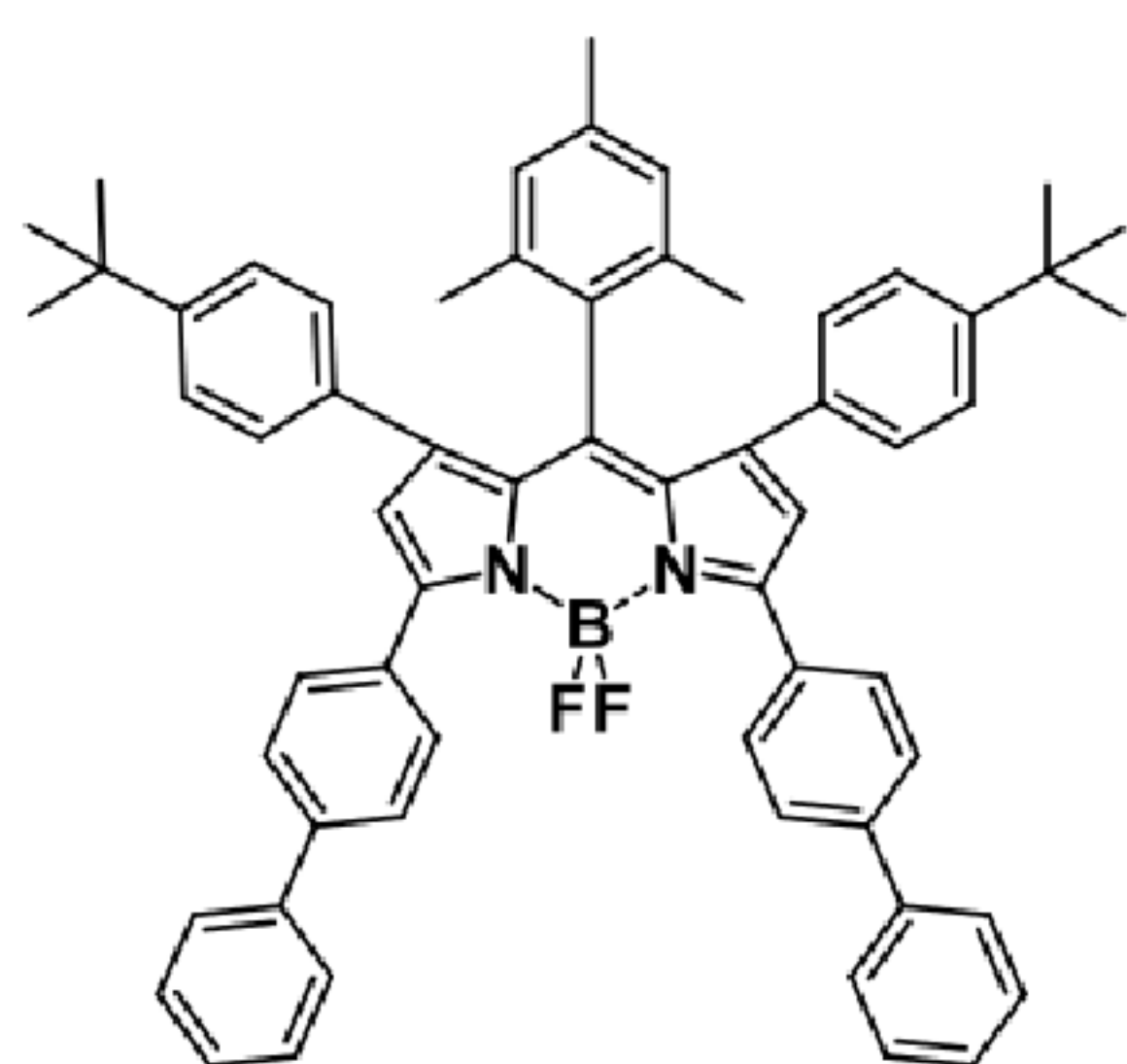
9-2



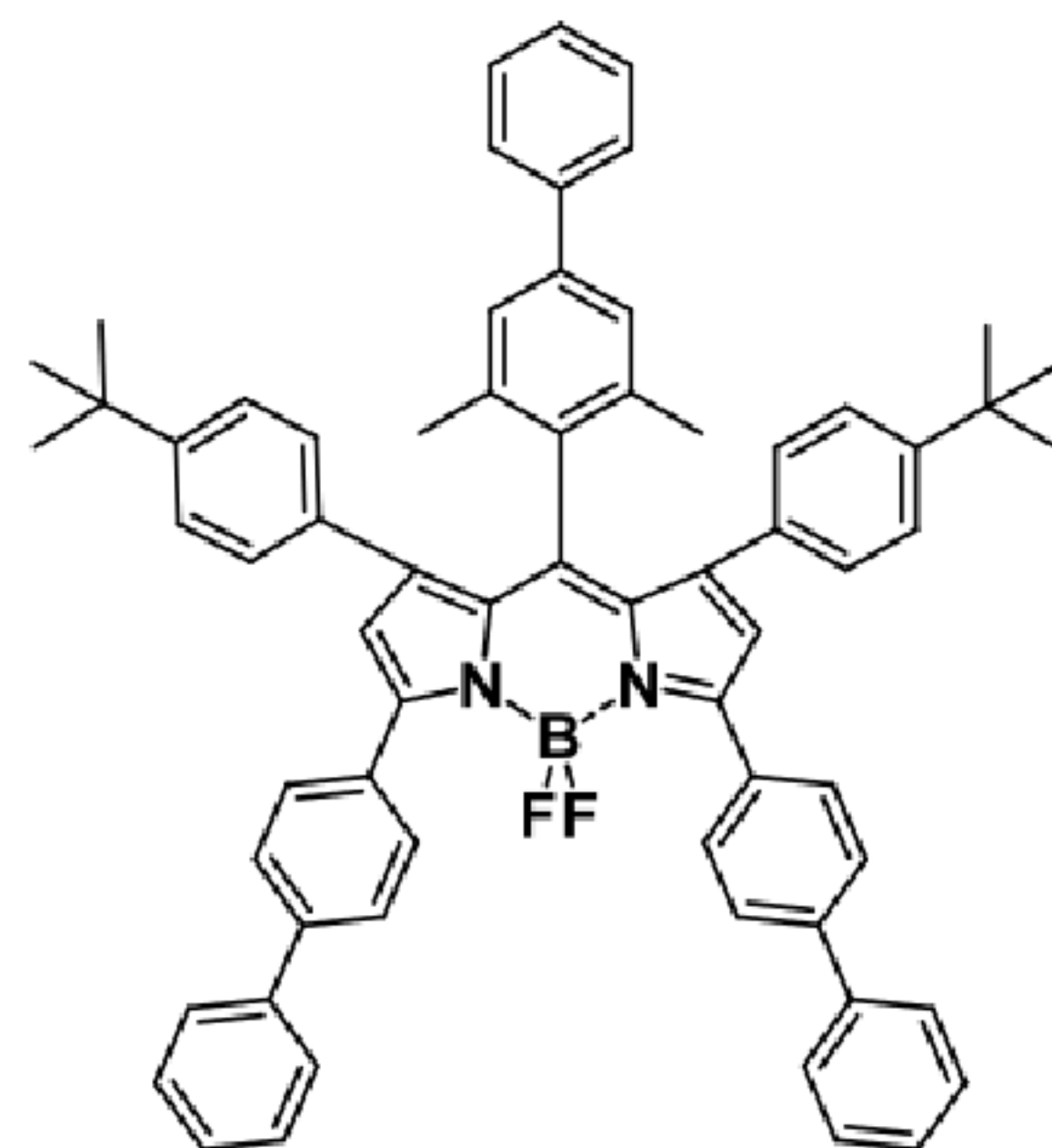
9-3



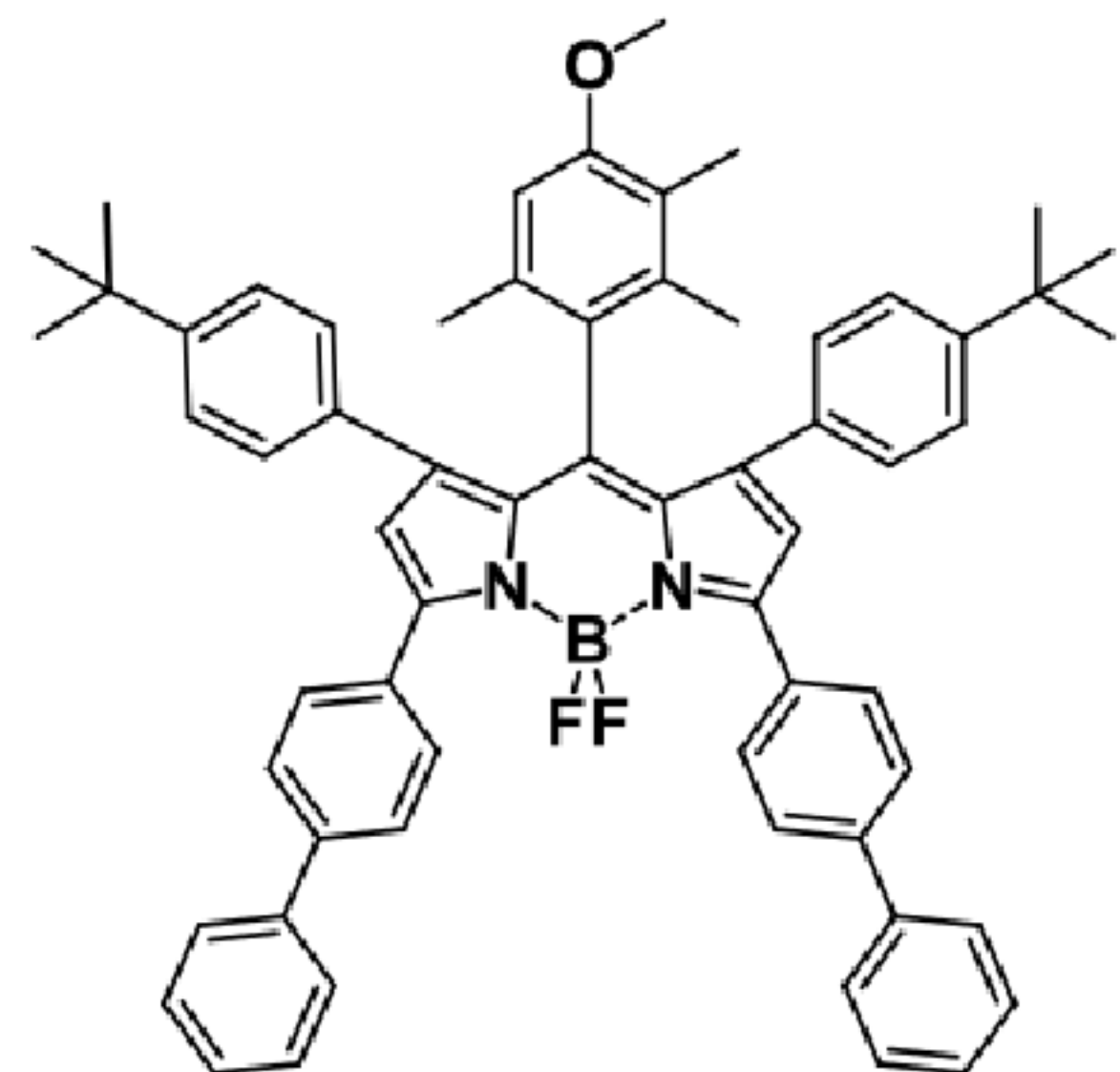
9-4



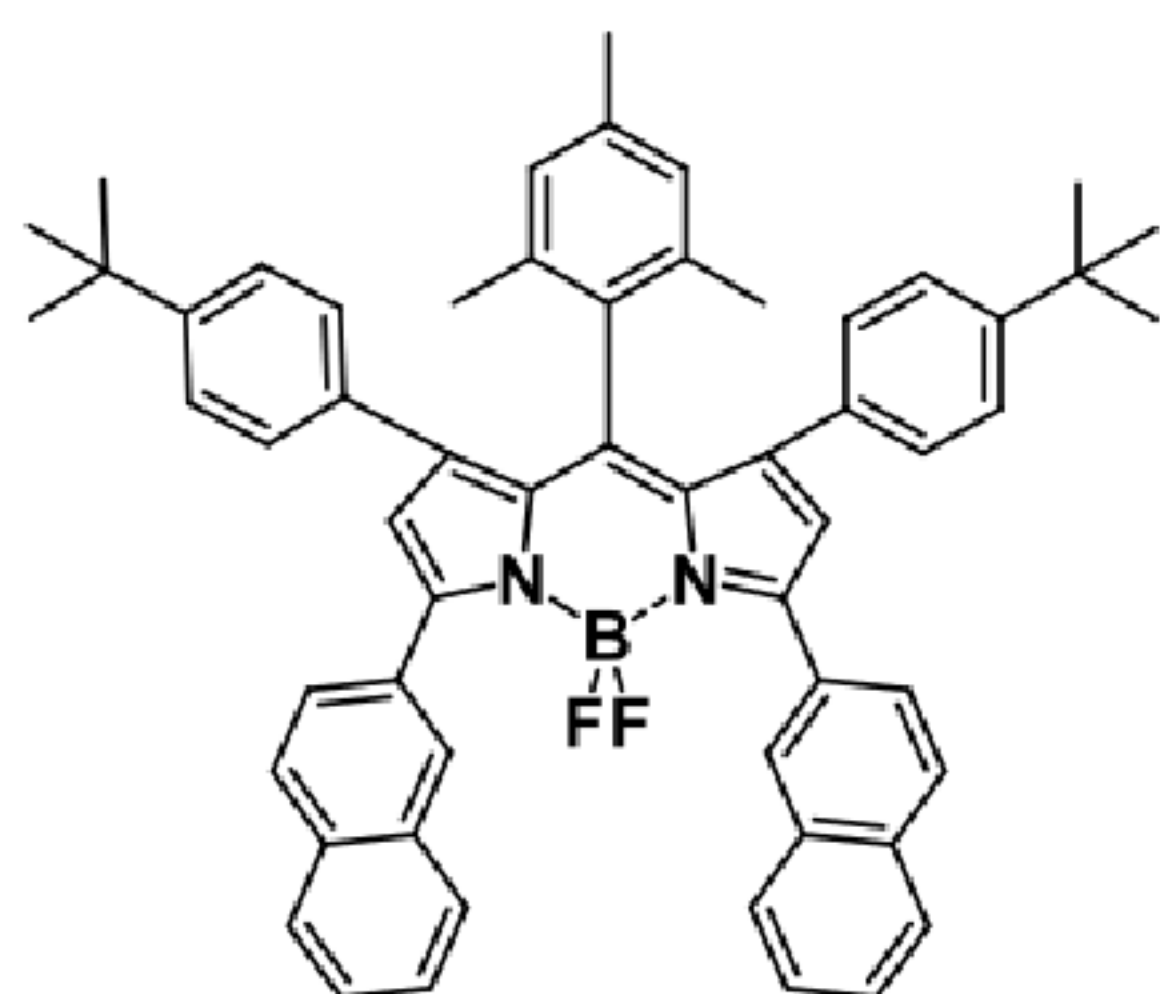
9-5



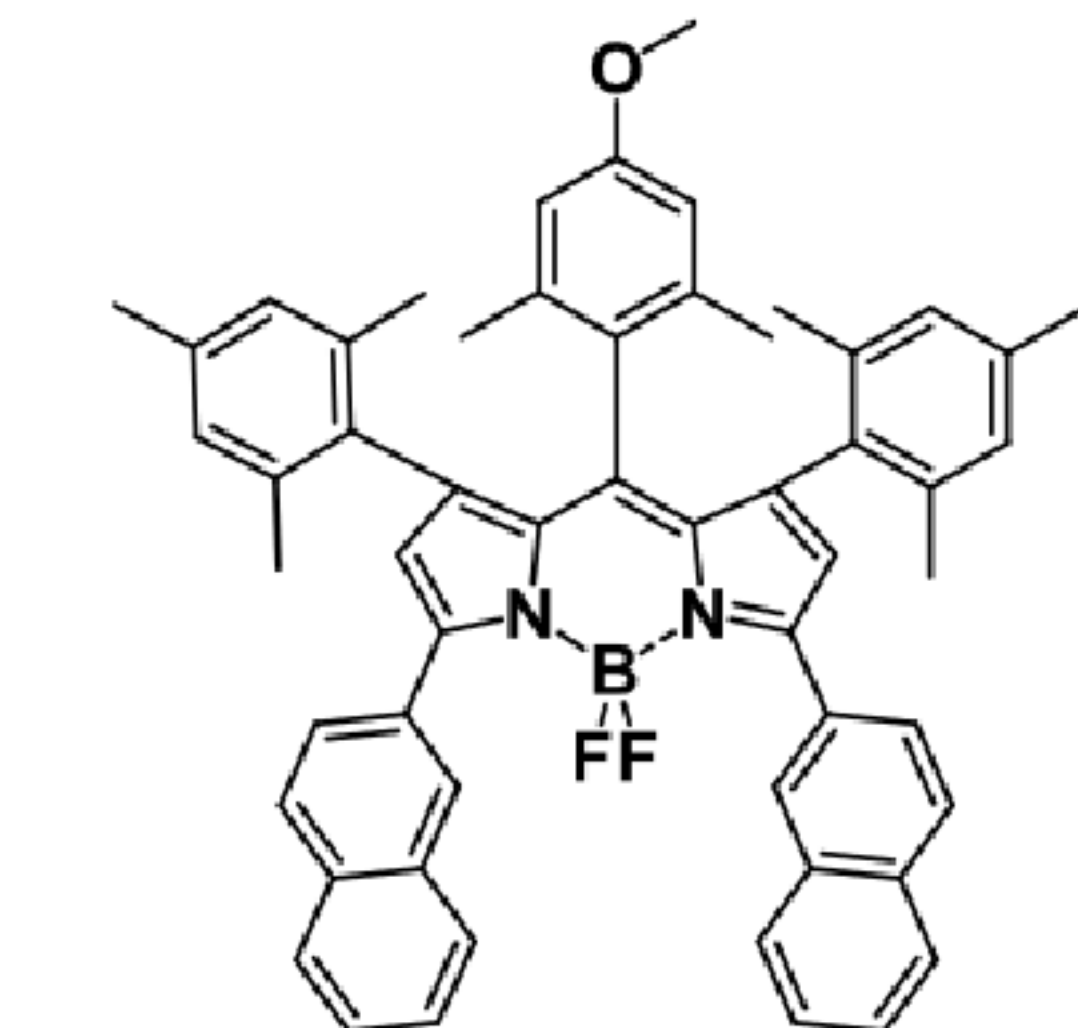
9-6



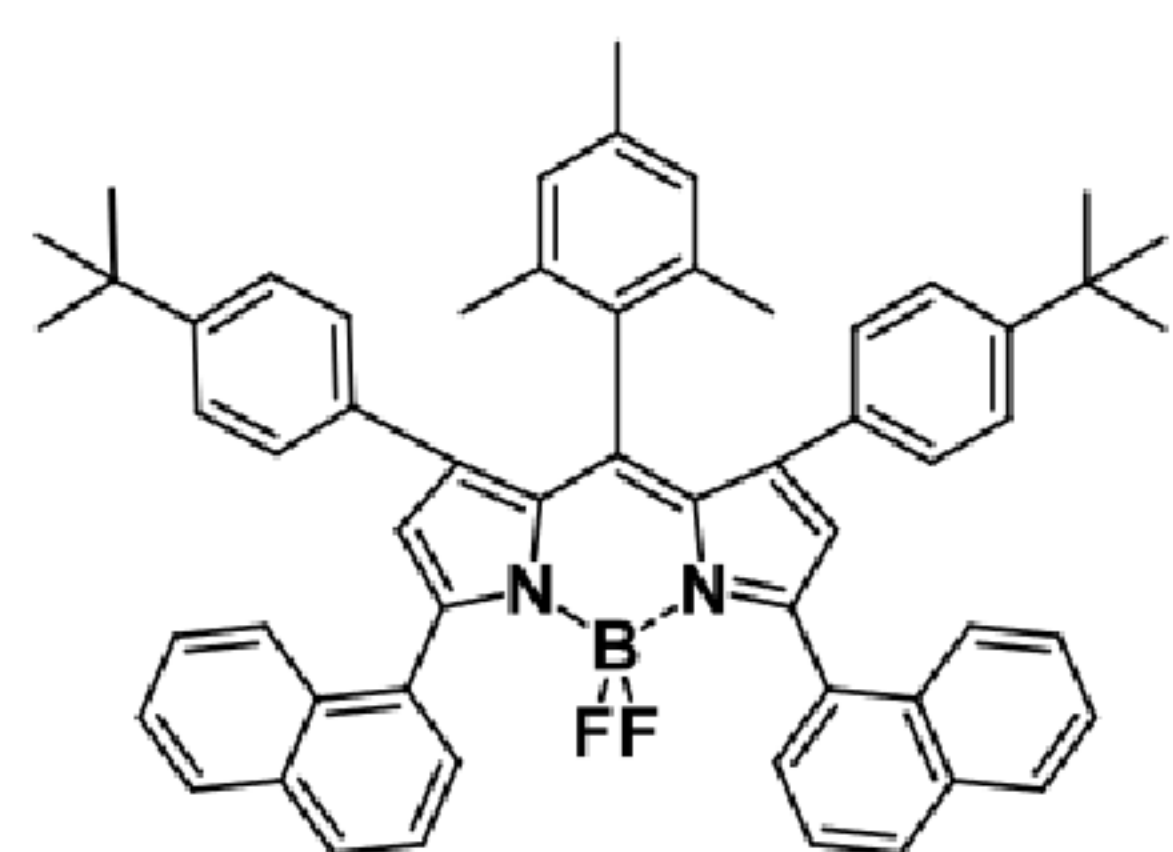
9-7



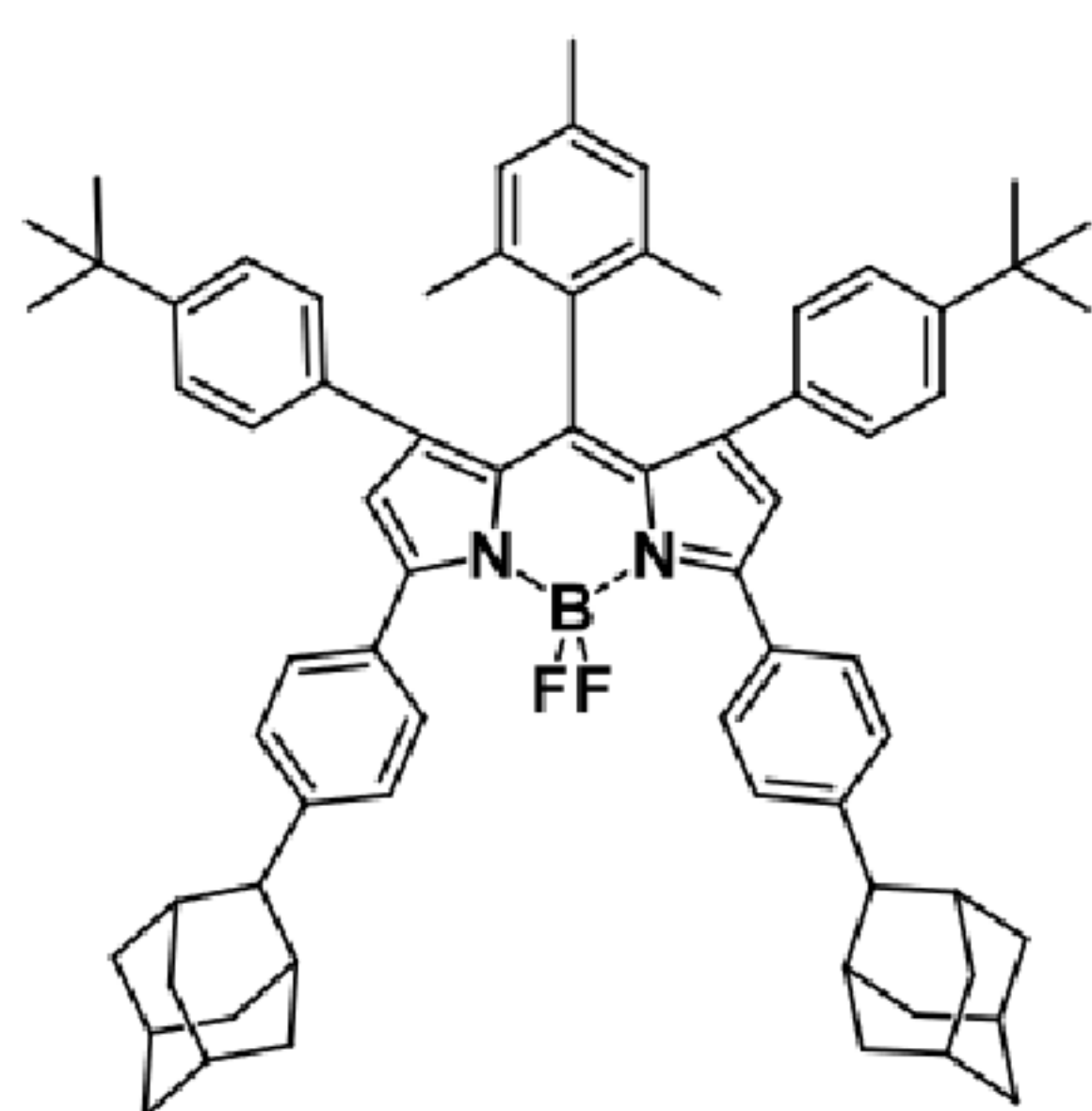
9-8



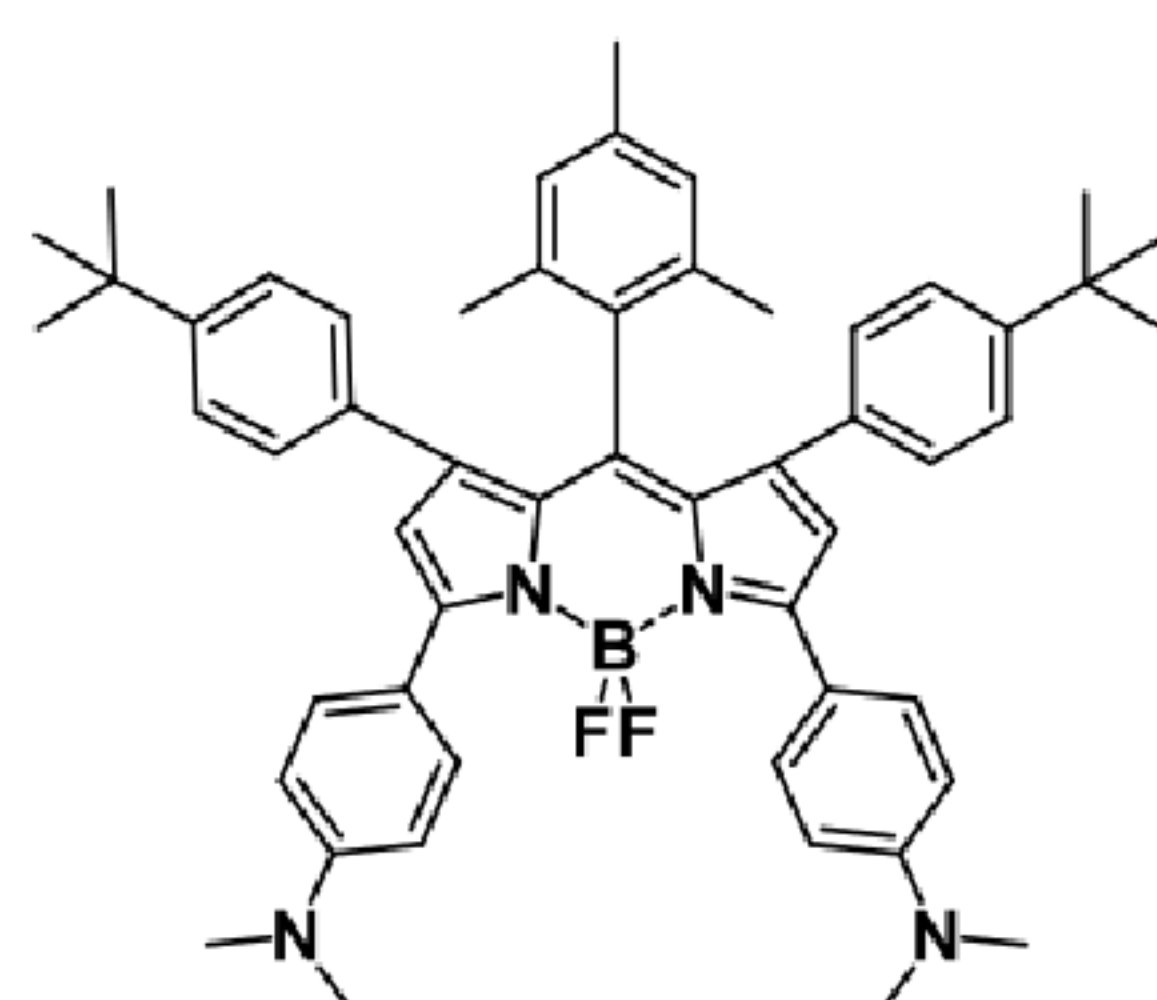
9-9



9-10

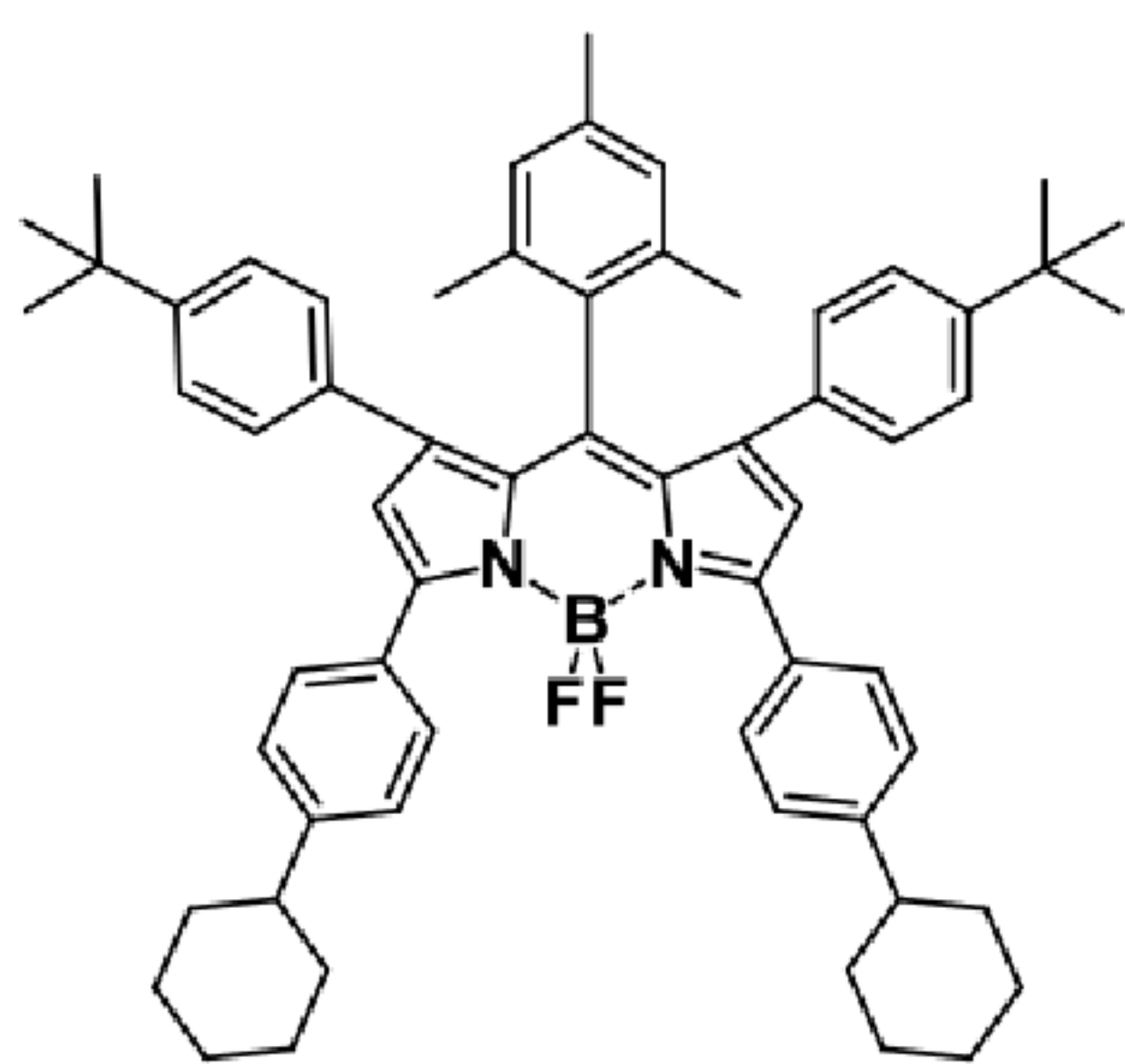


9-11

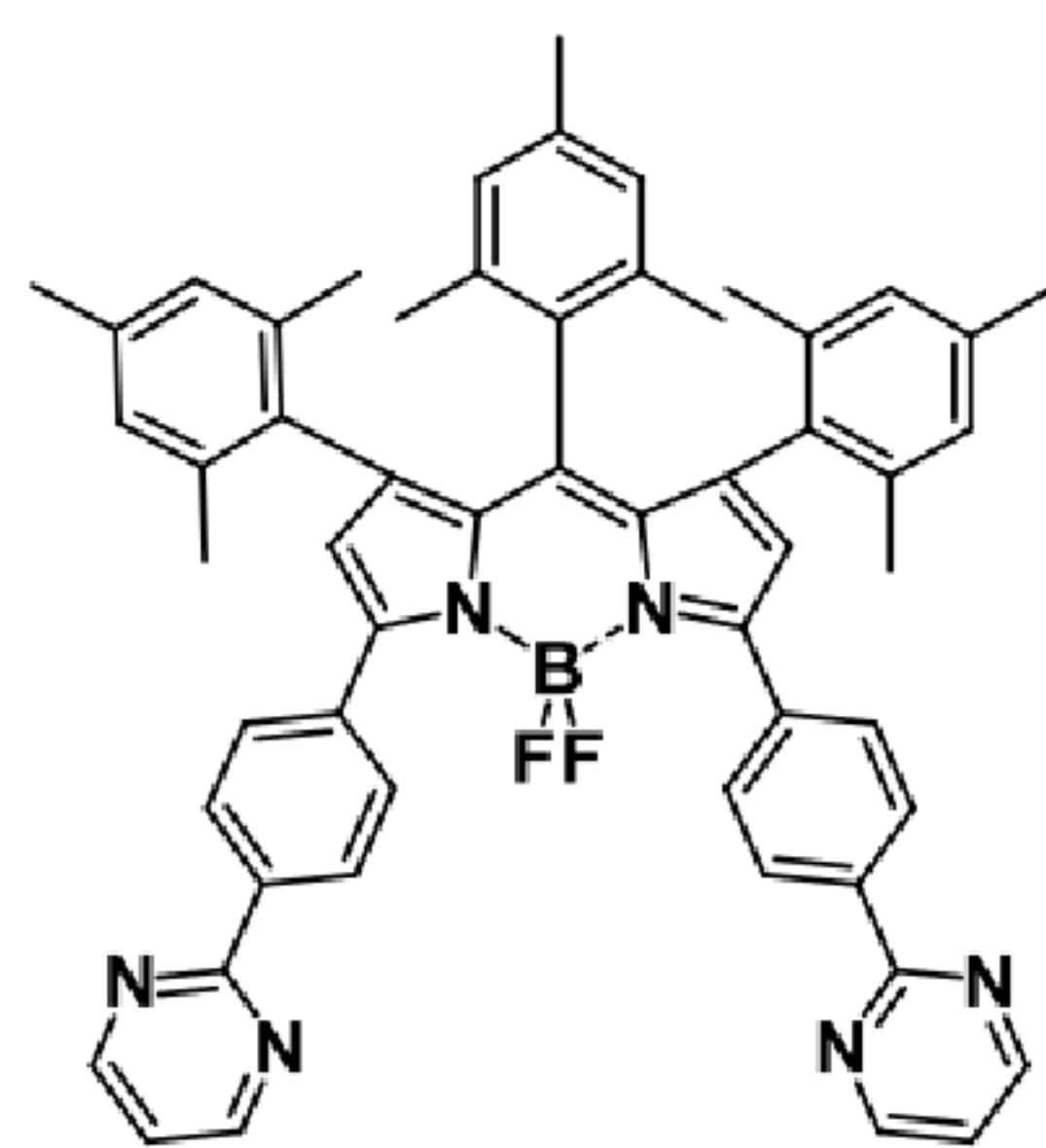


9-12

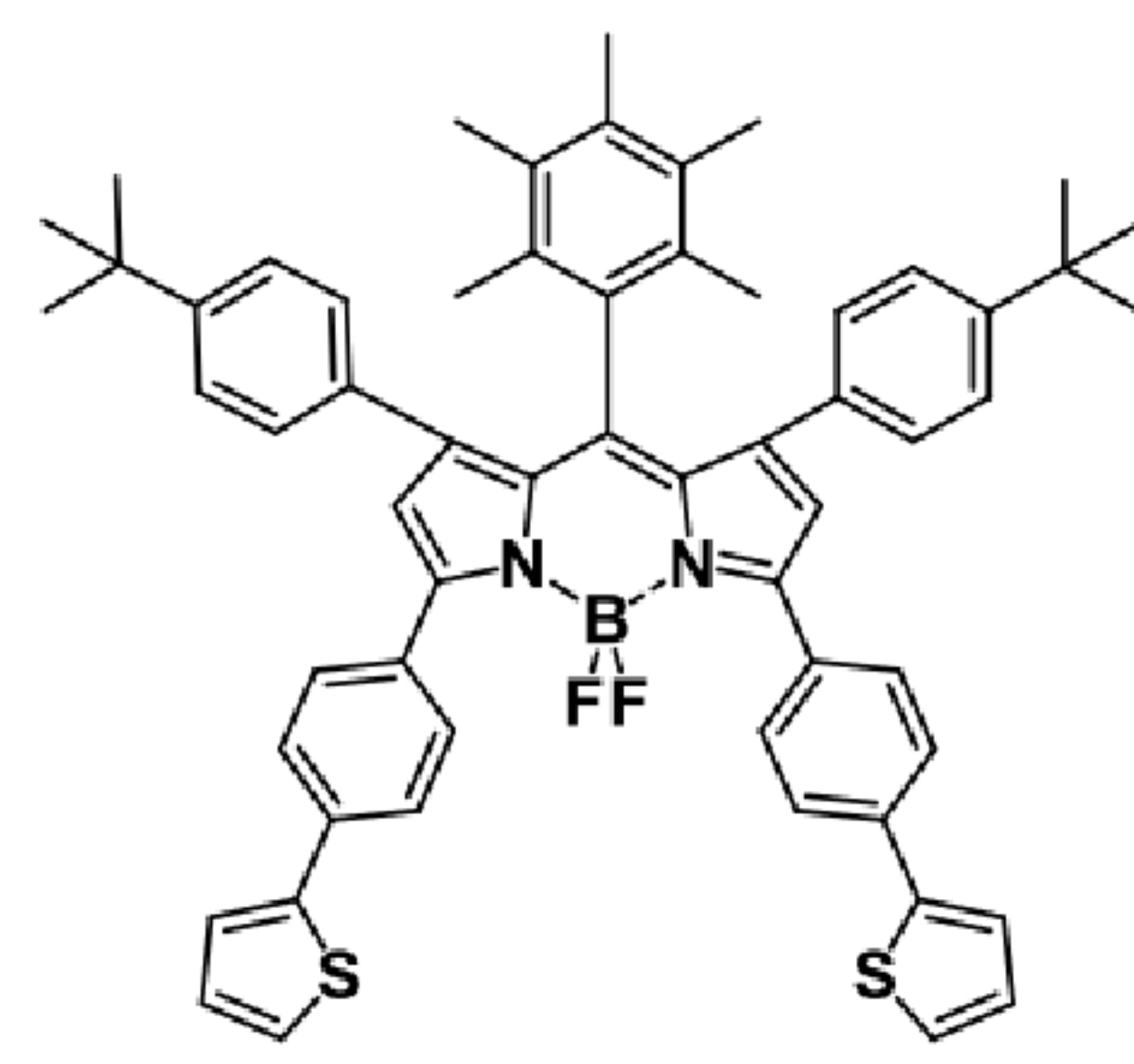
【0078】 [化 10]



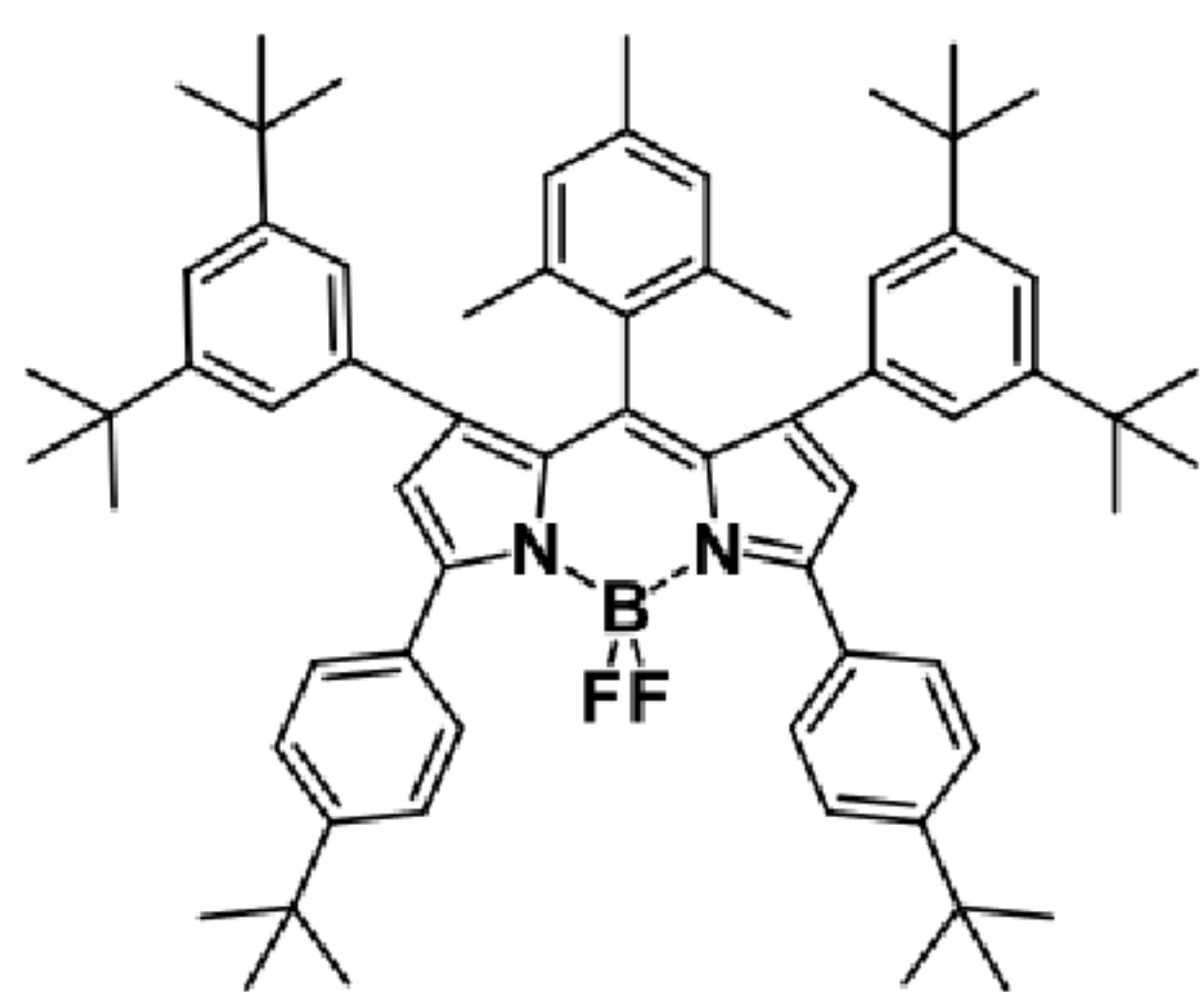
10-1



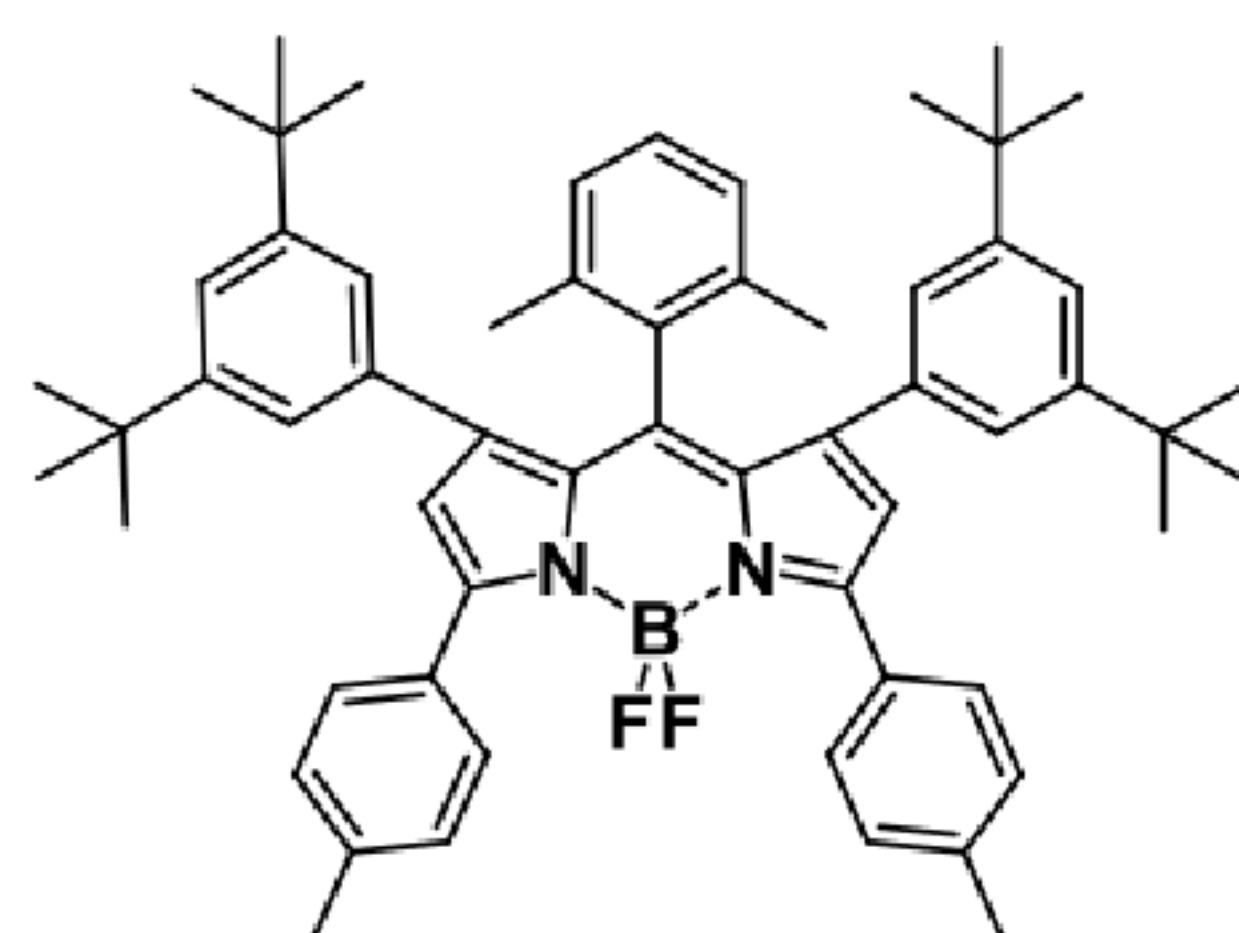
10-2



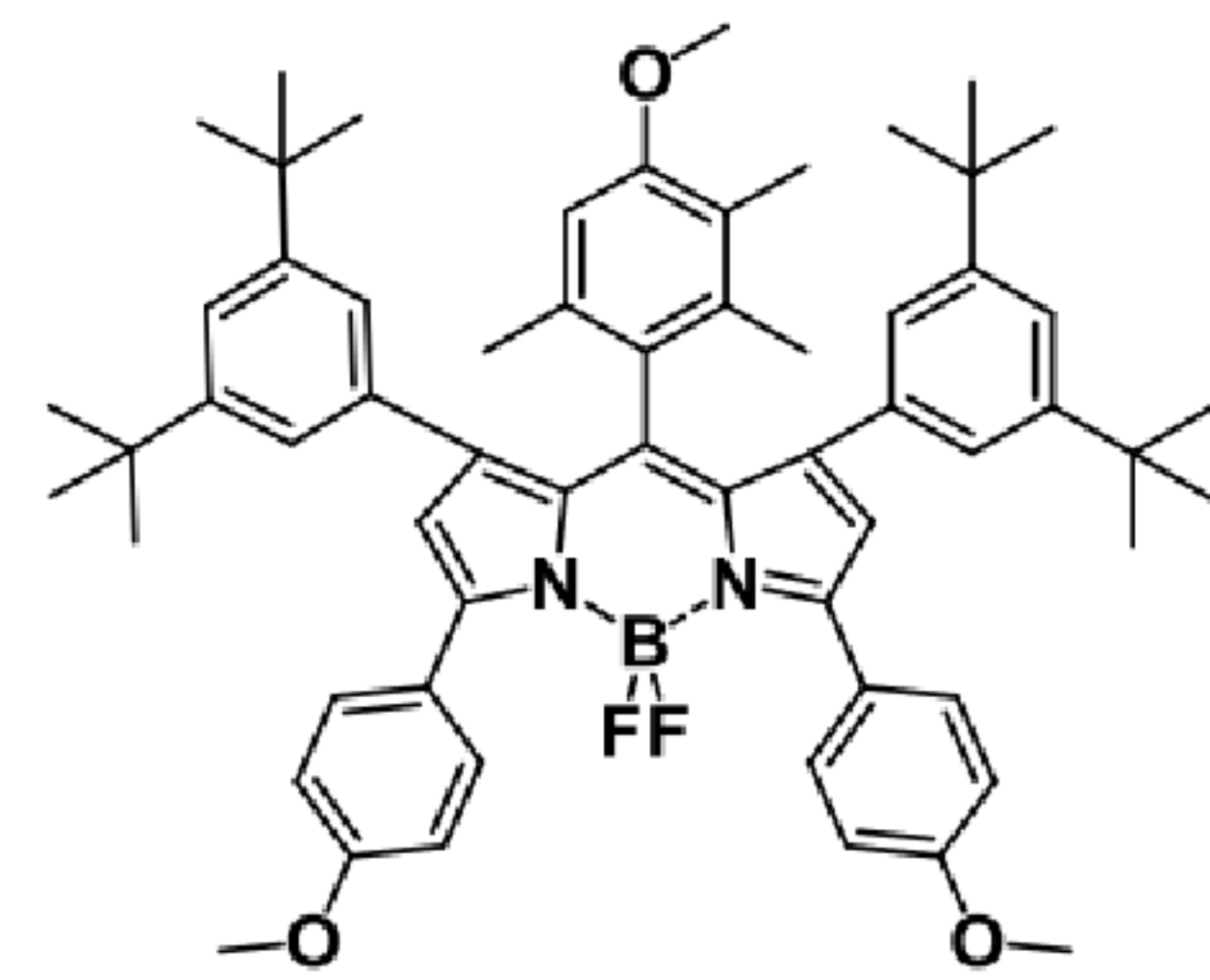
10-3



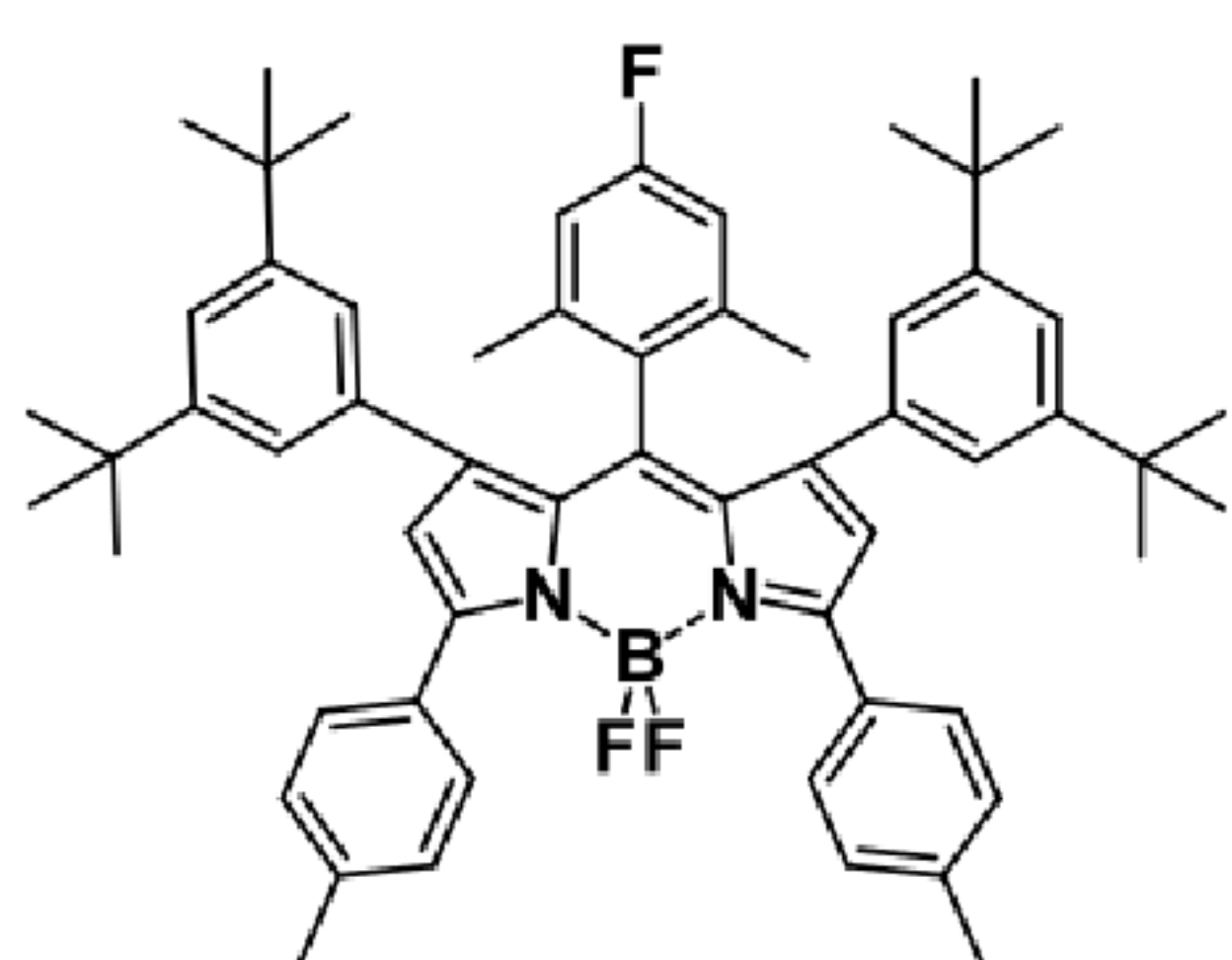
10-4



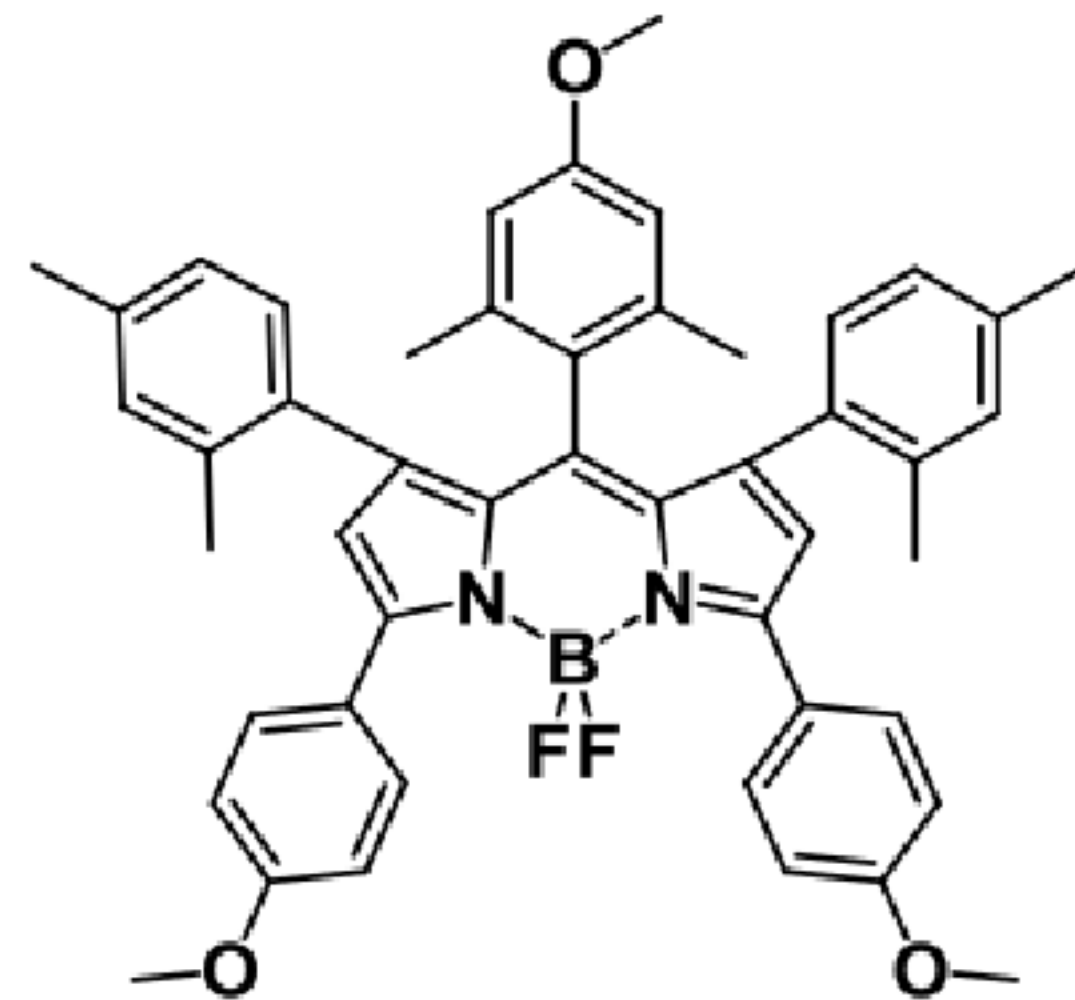
10-5



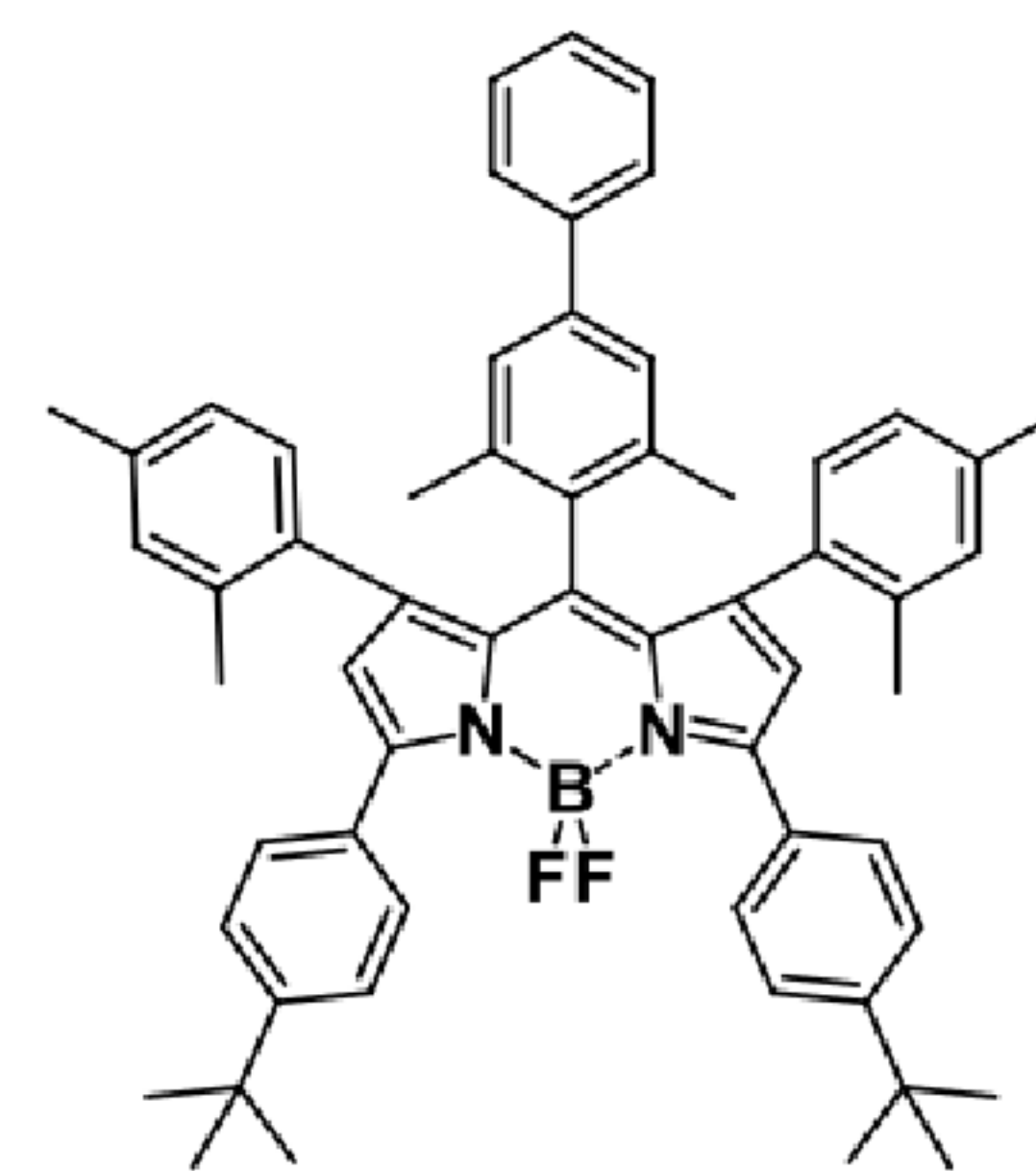
10-6



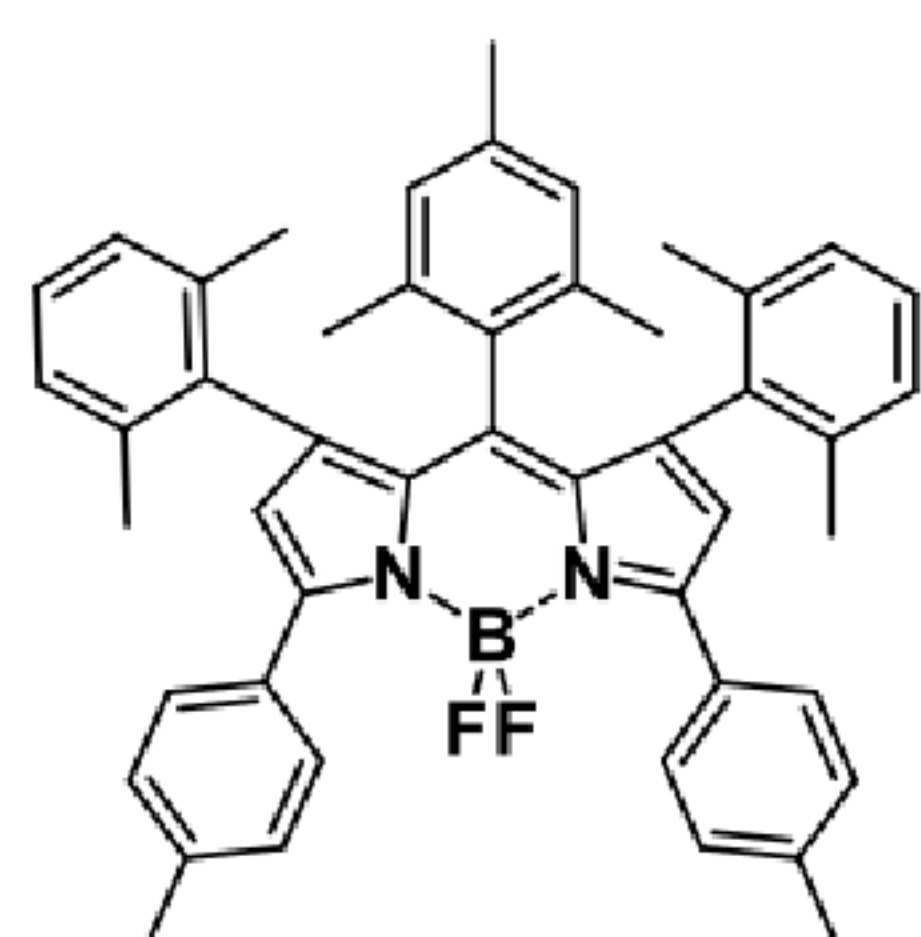
10-7



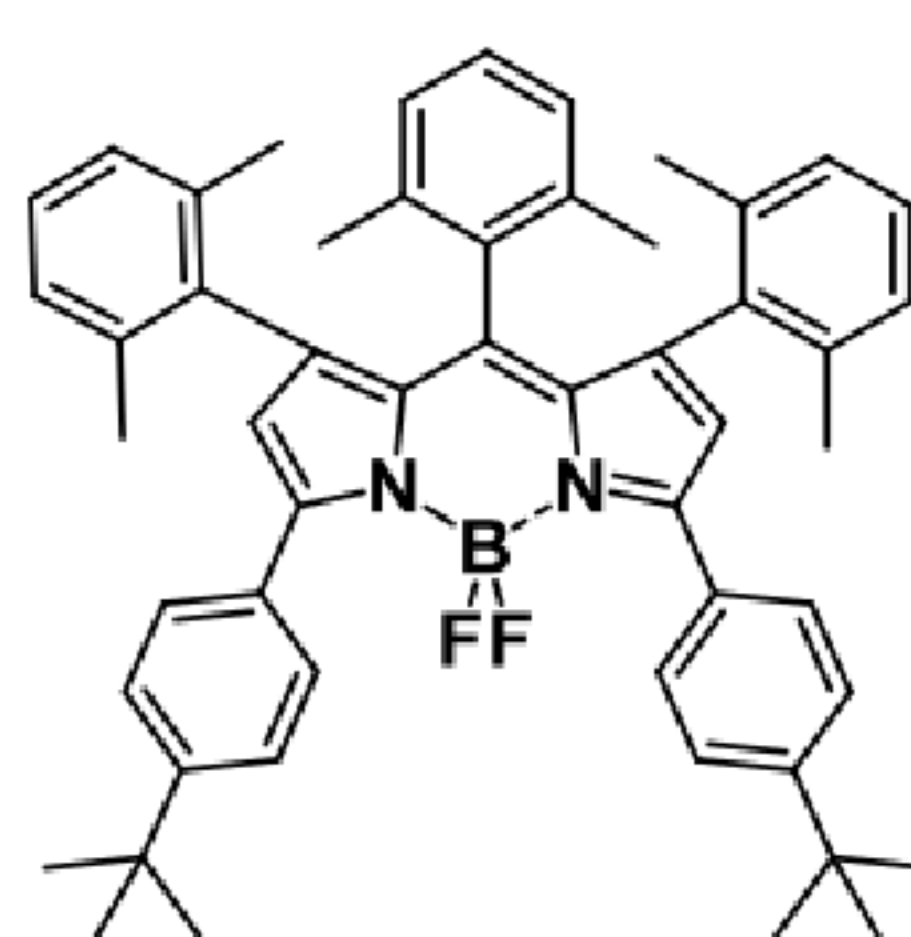
10-8



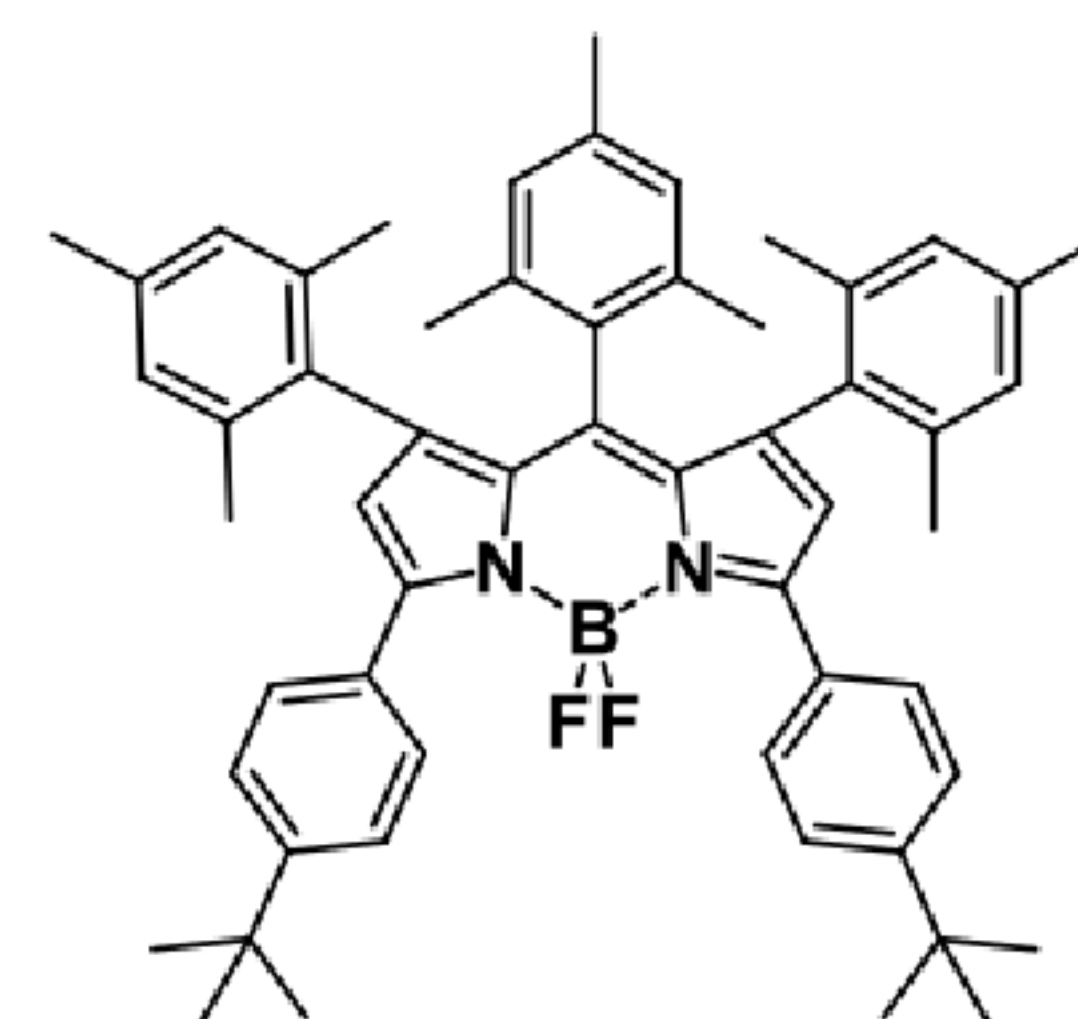
10-9



10-10

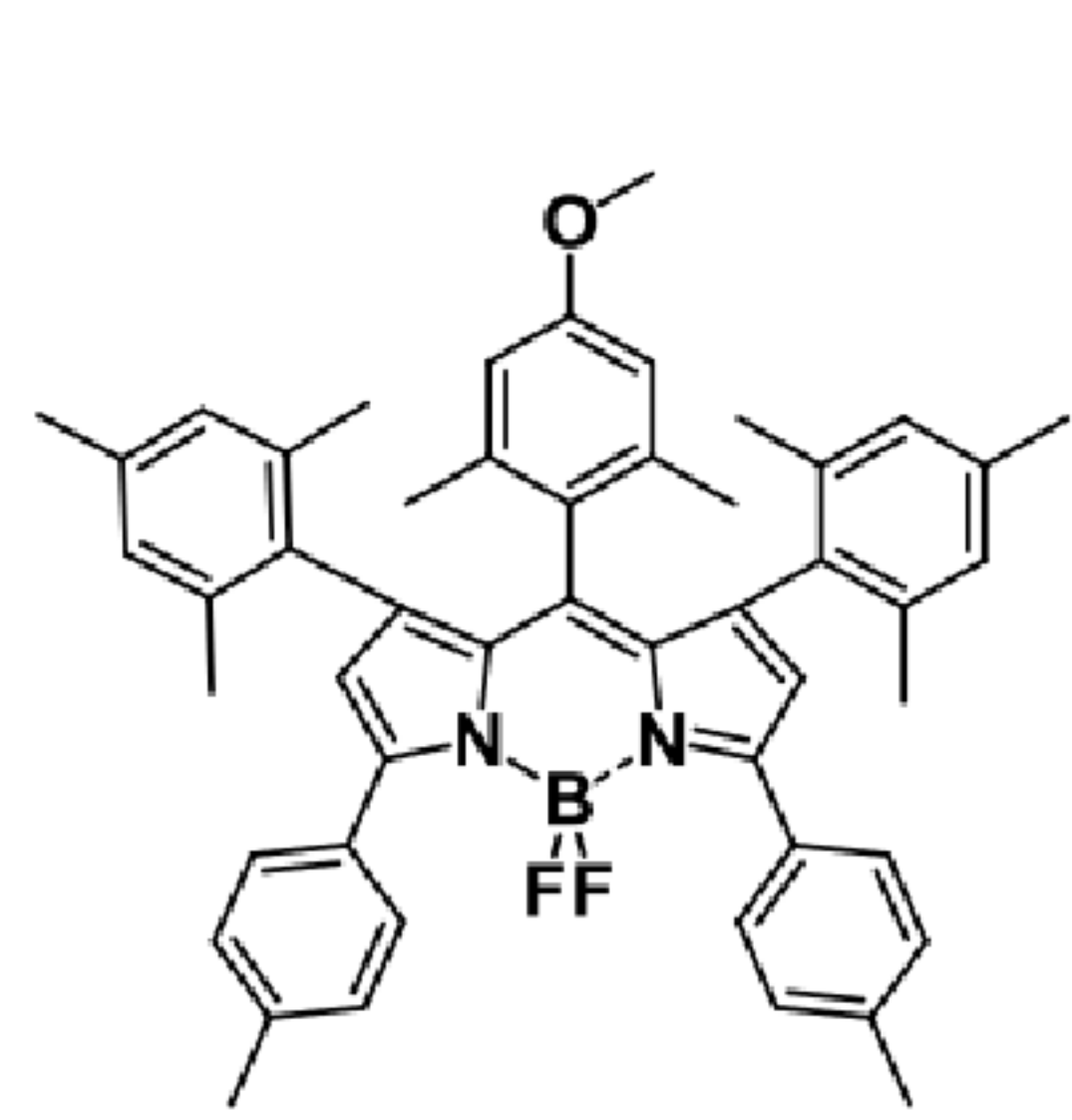


10-11

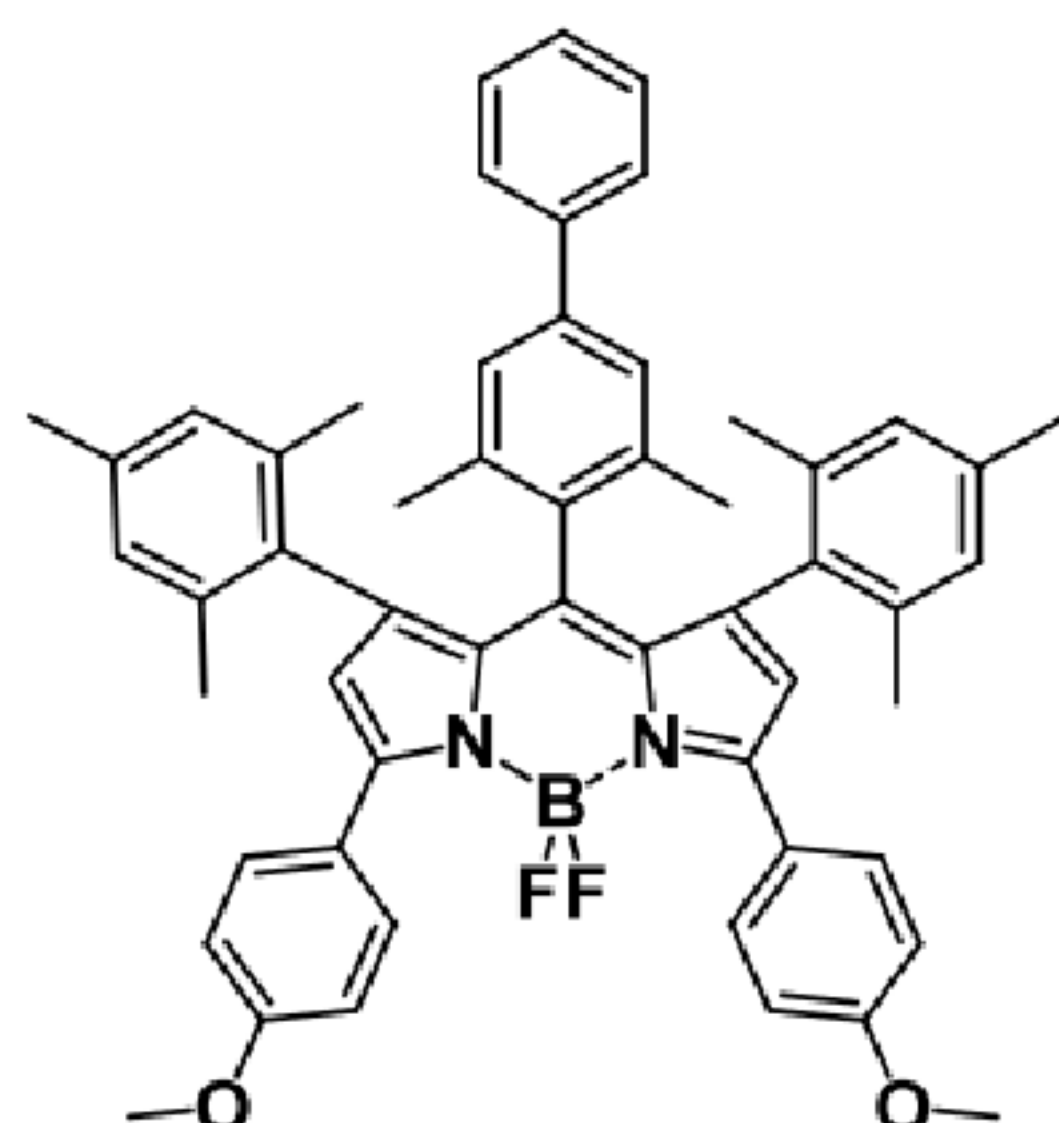


10-12

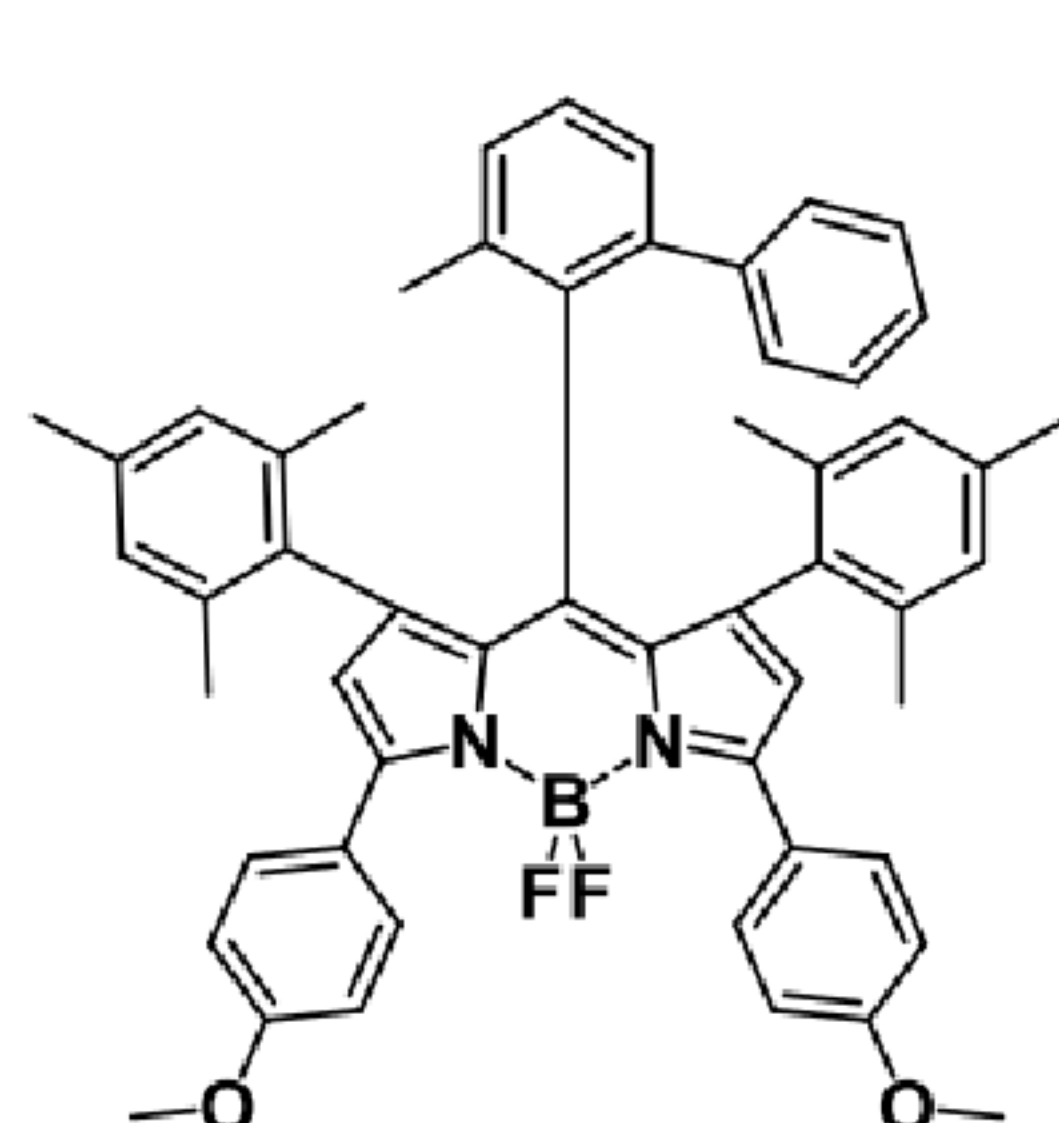
【0079】 [化 11]



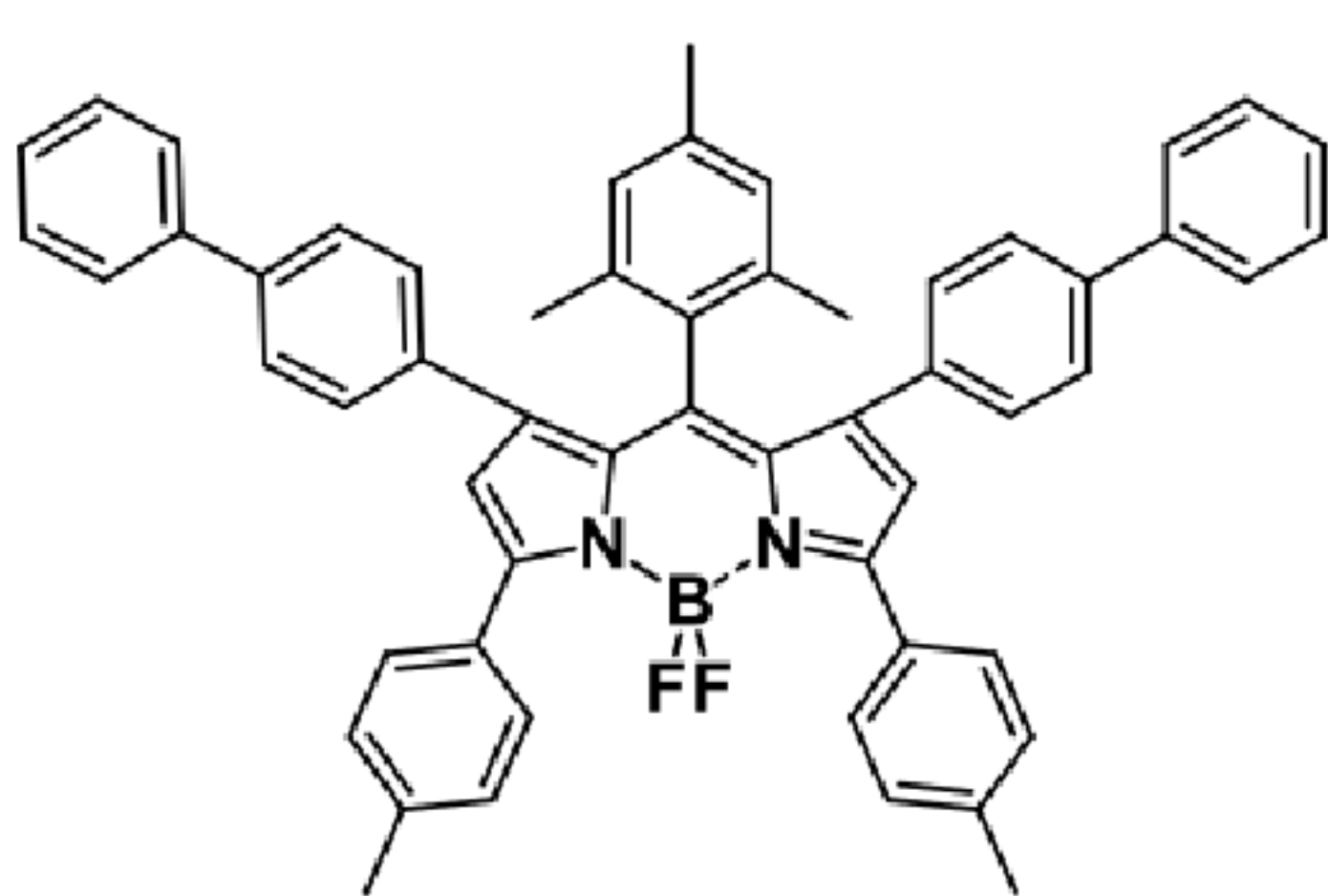
11-1



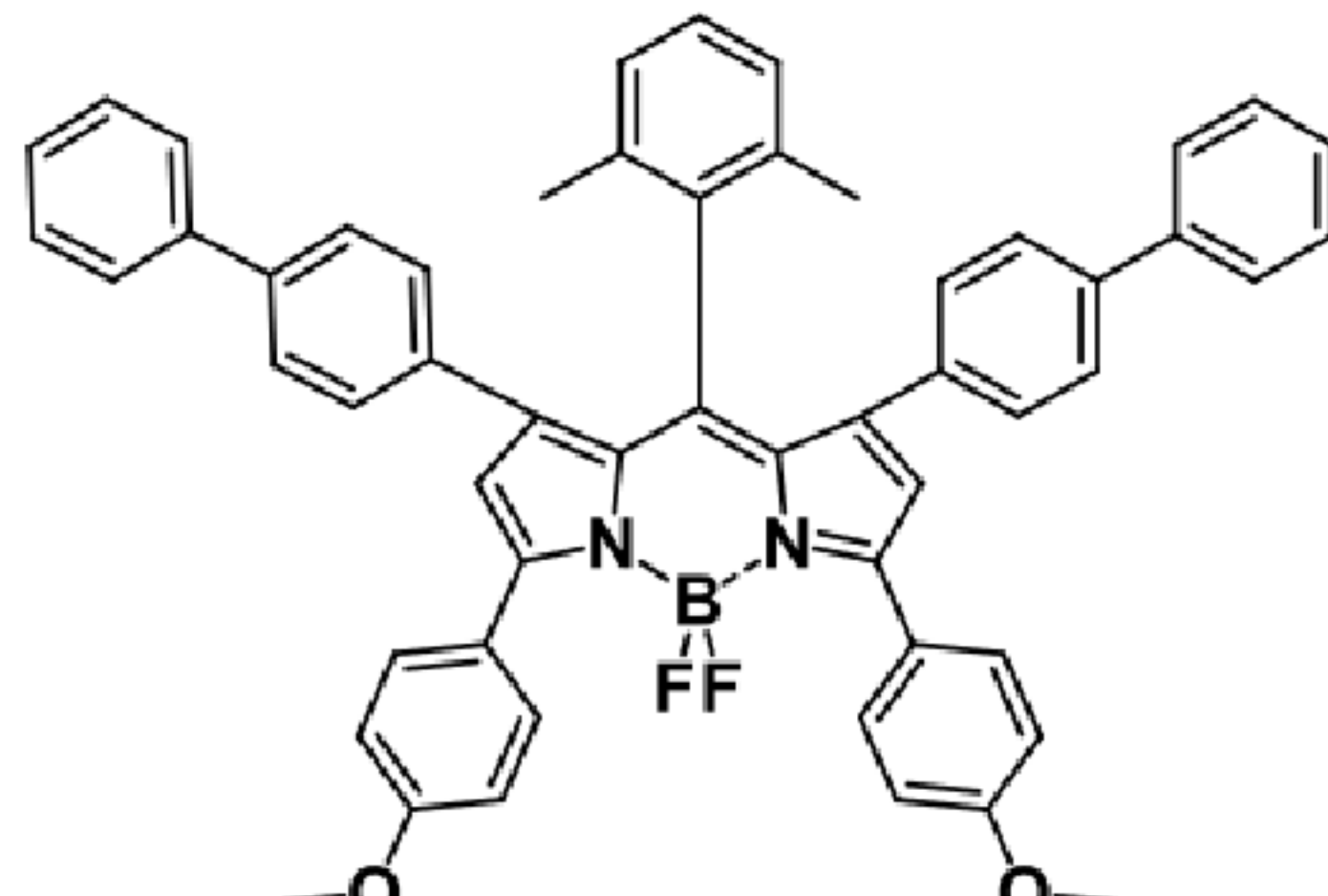
11-2



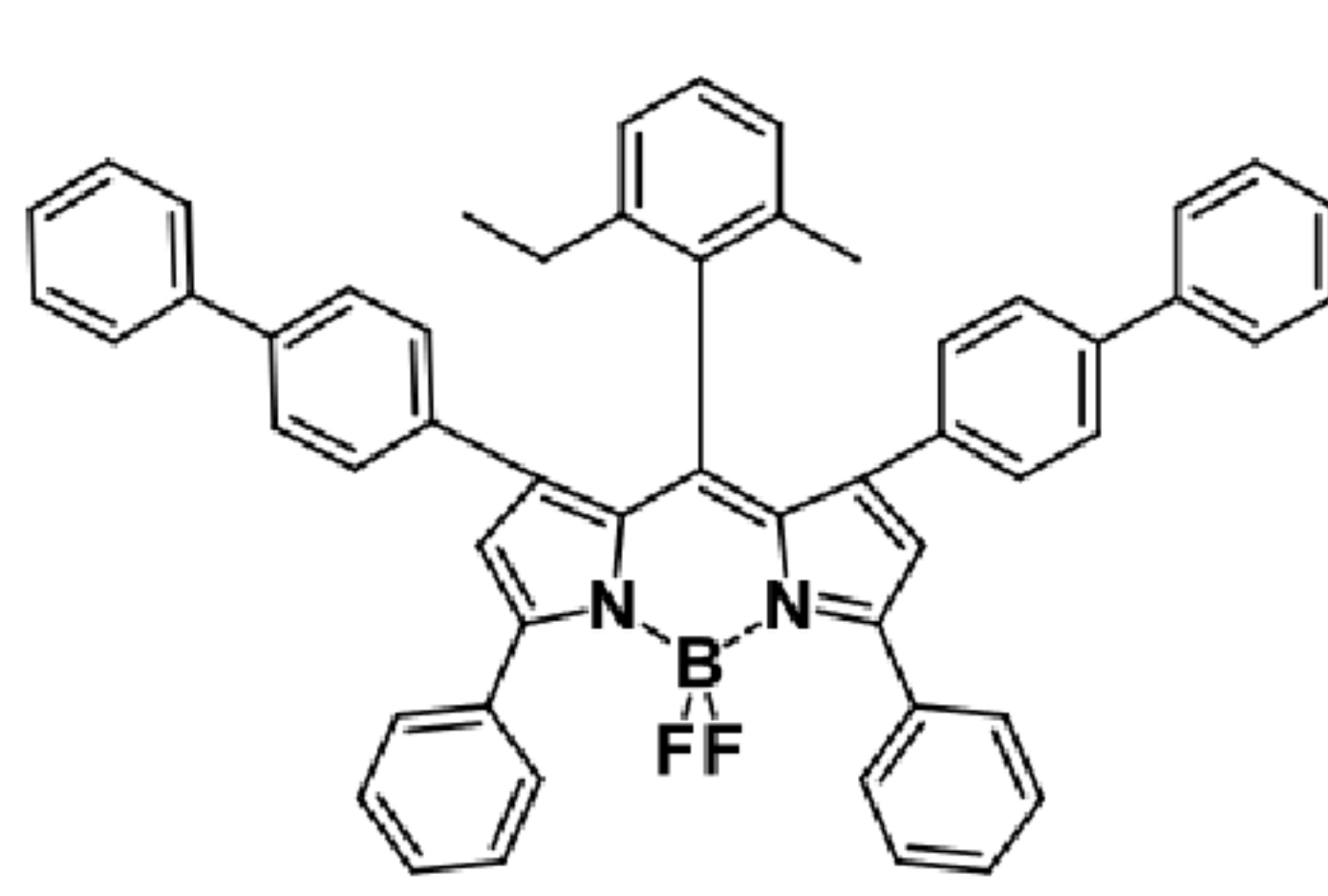
11-3



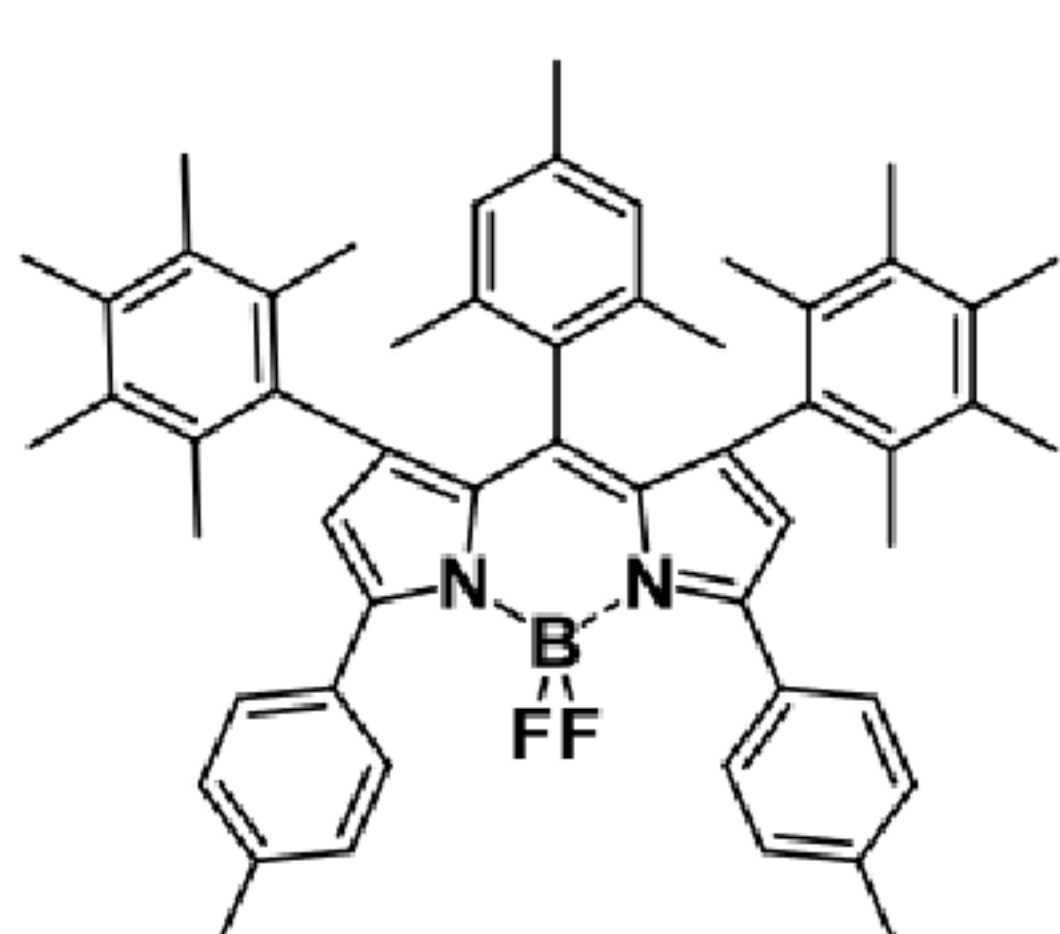
11-4



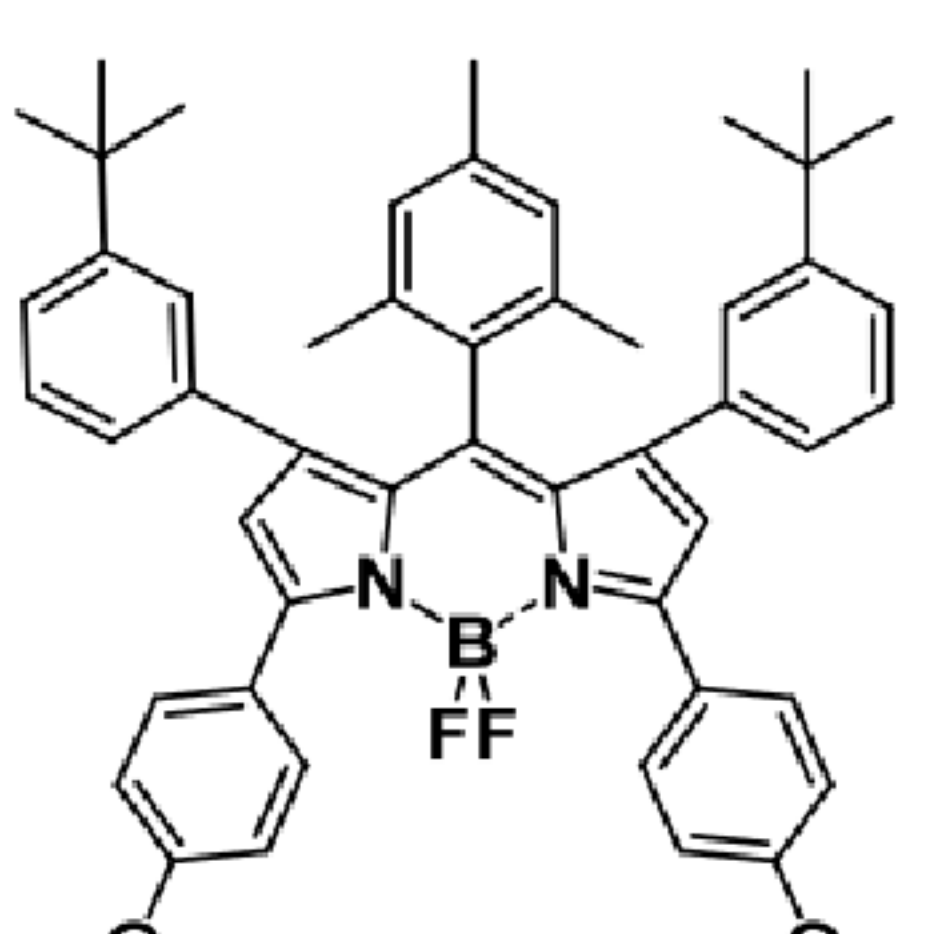
11-5



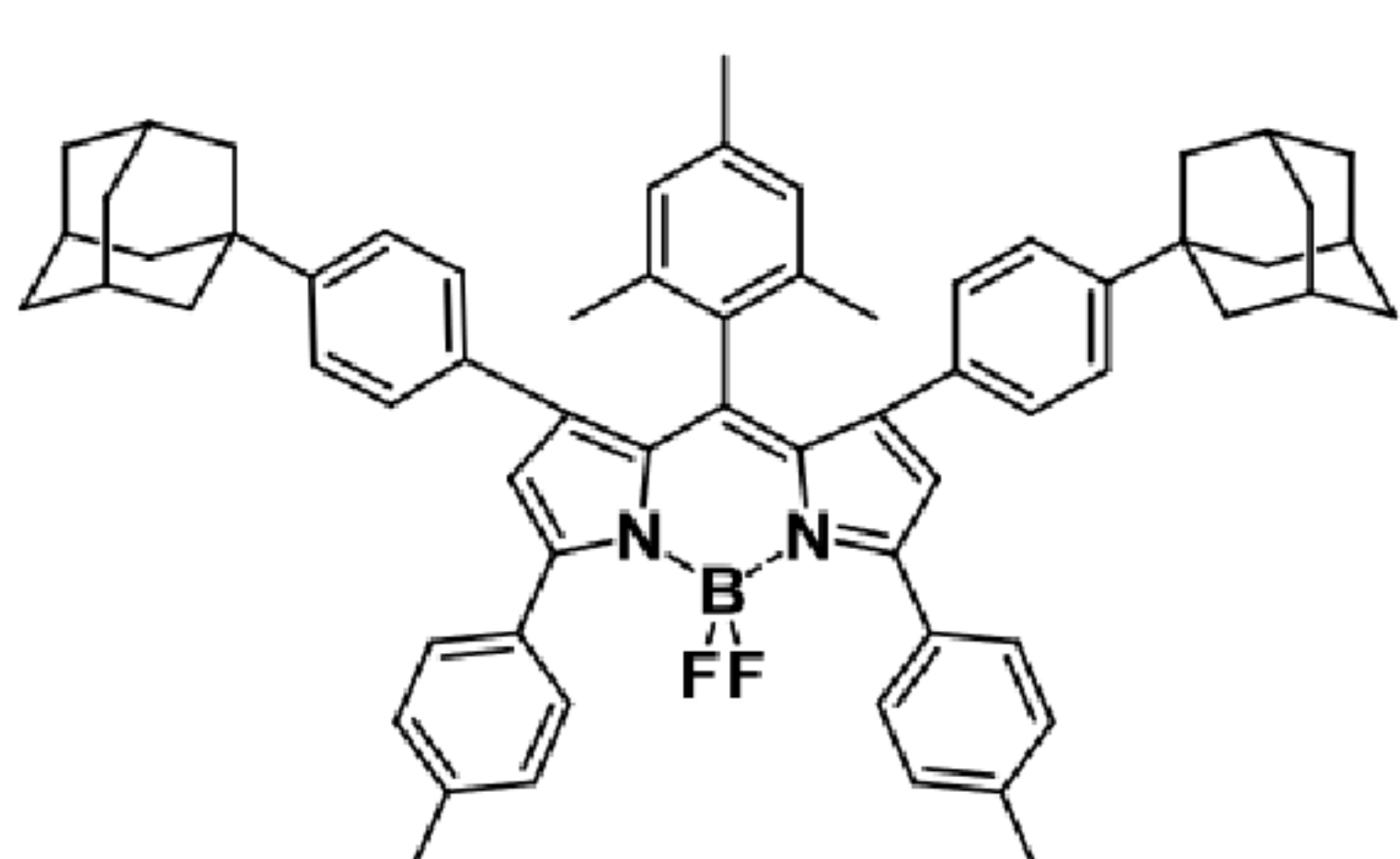
11-6



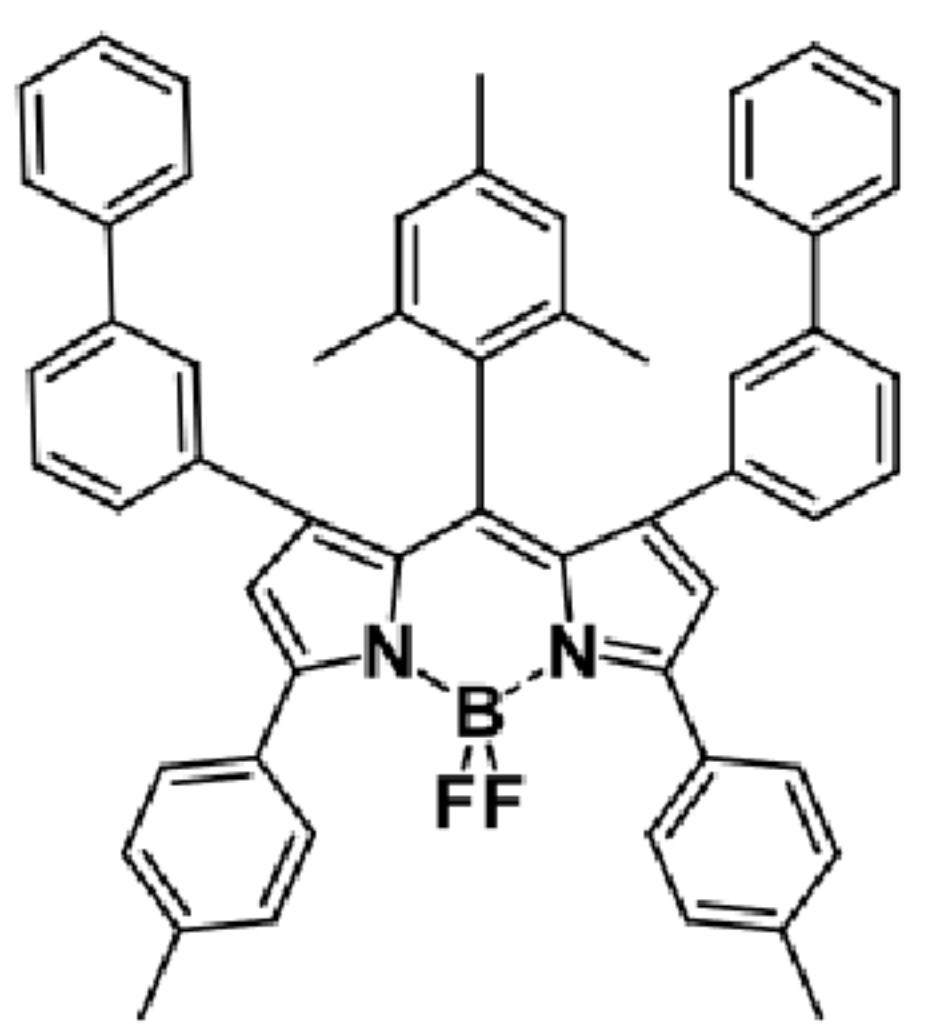
11-7



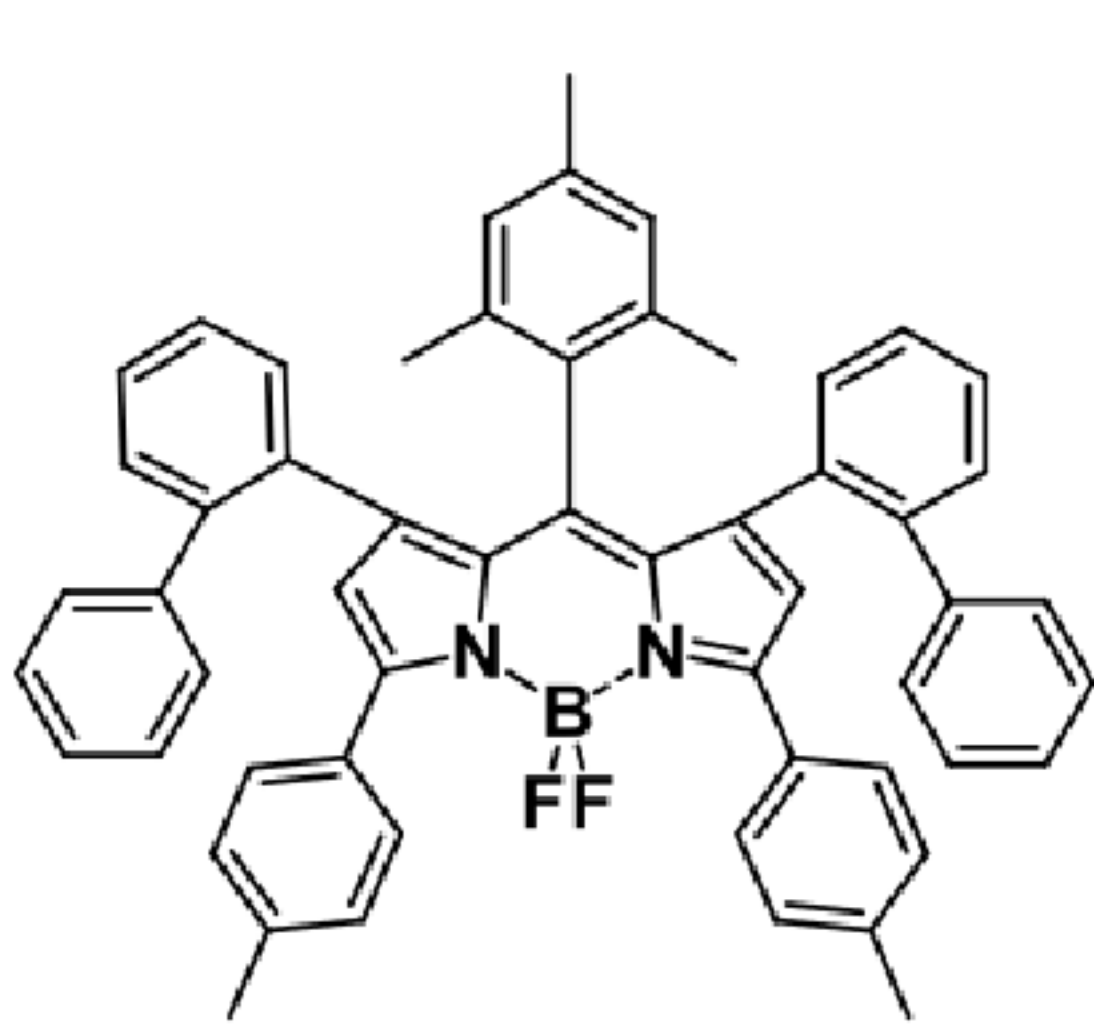
11-8



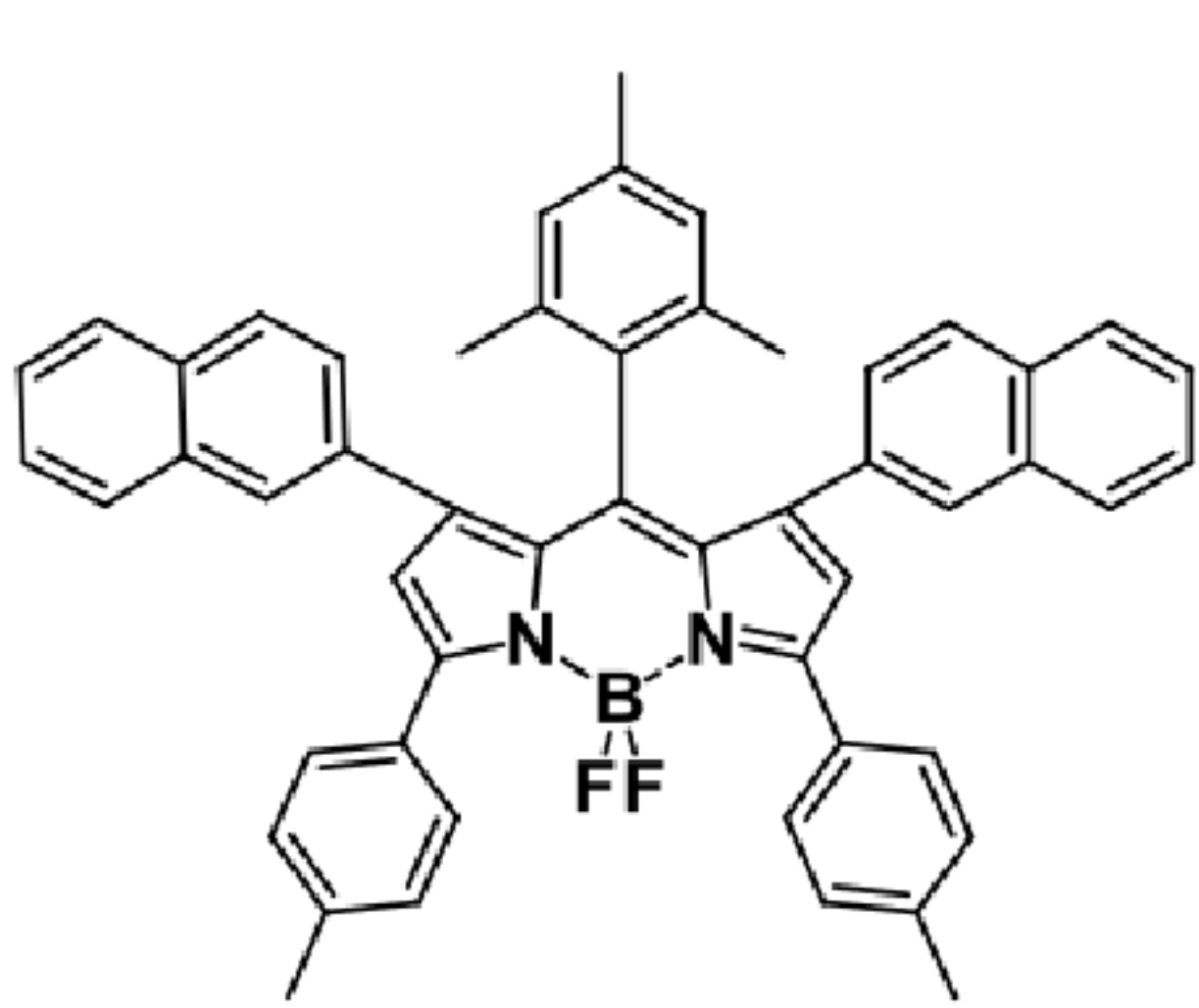
11-9



11-10

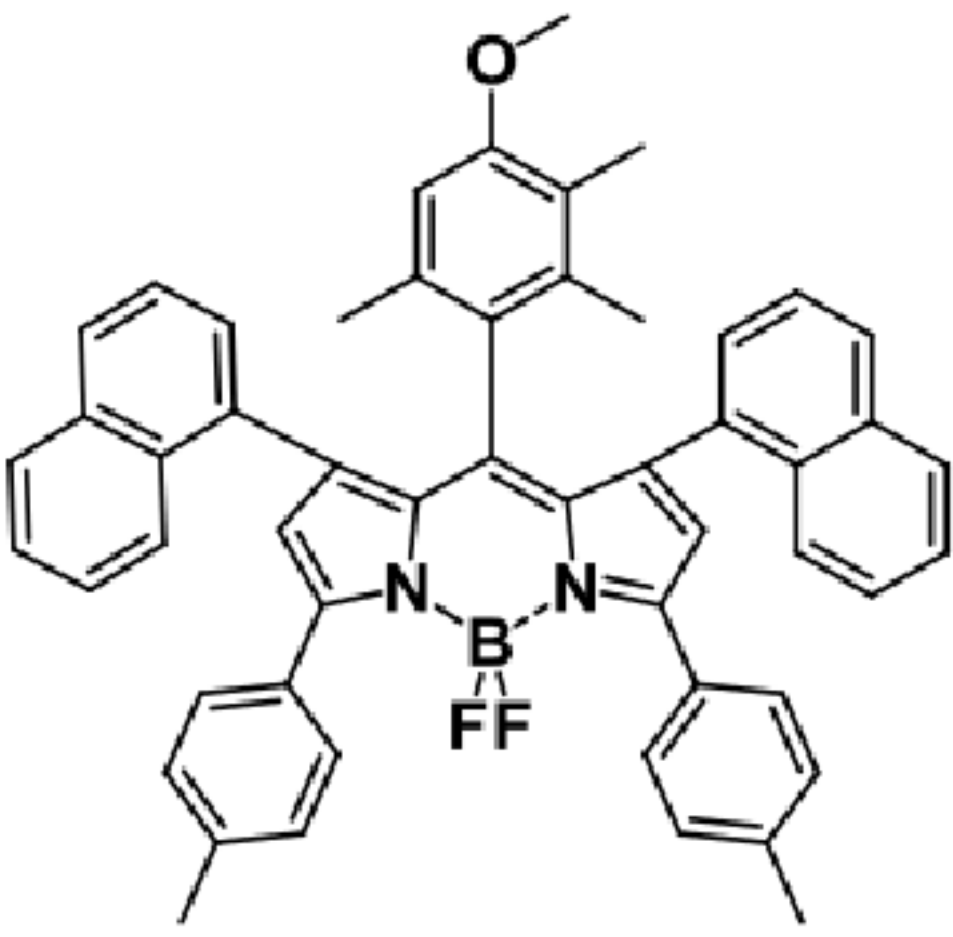


11-11

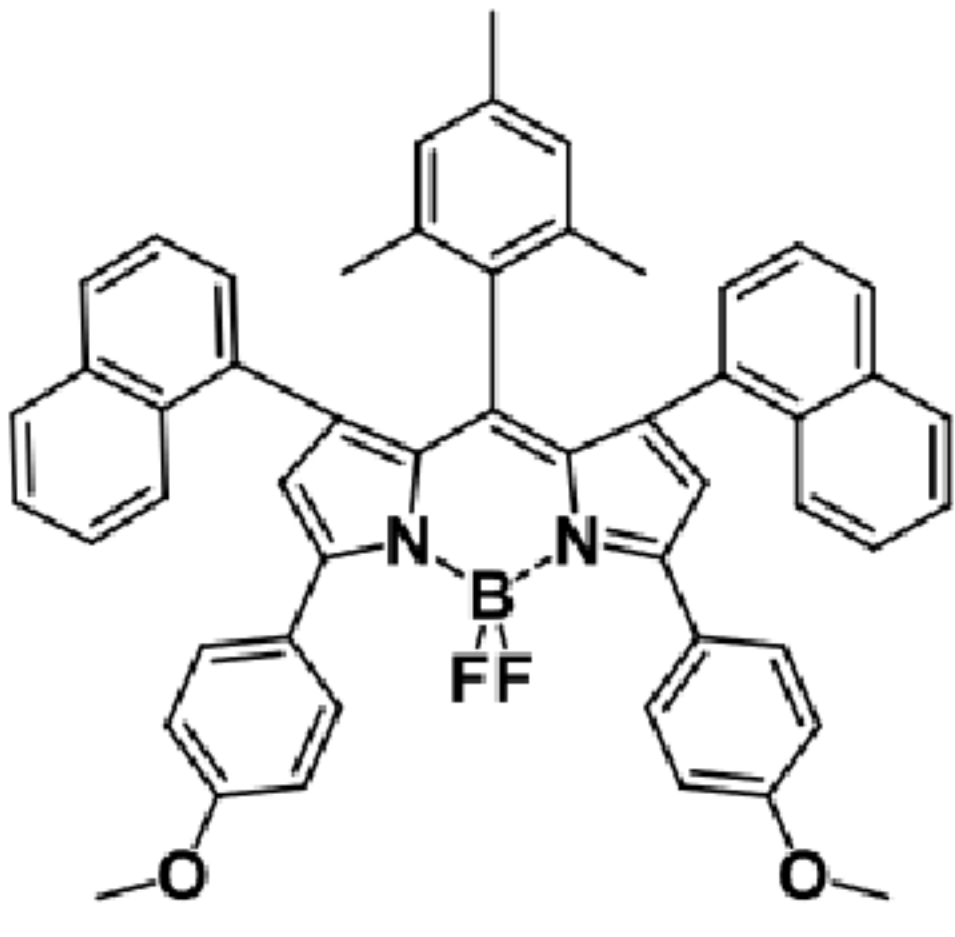


11-12

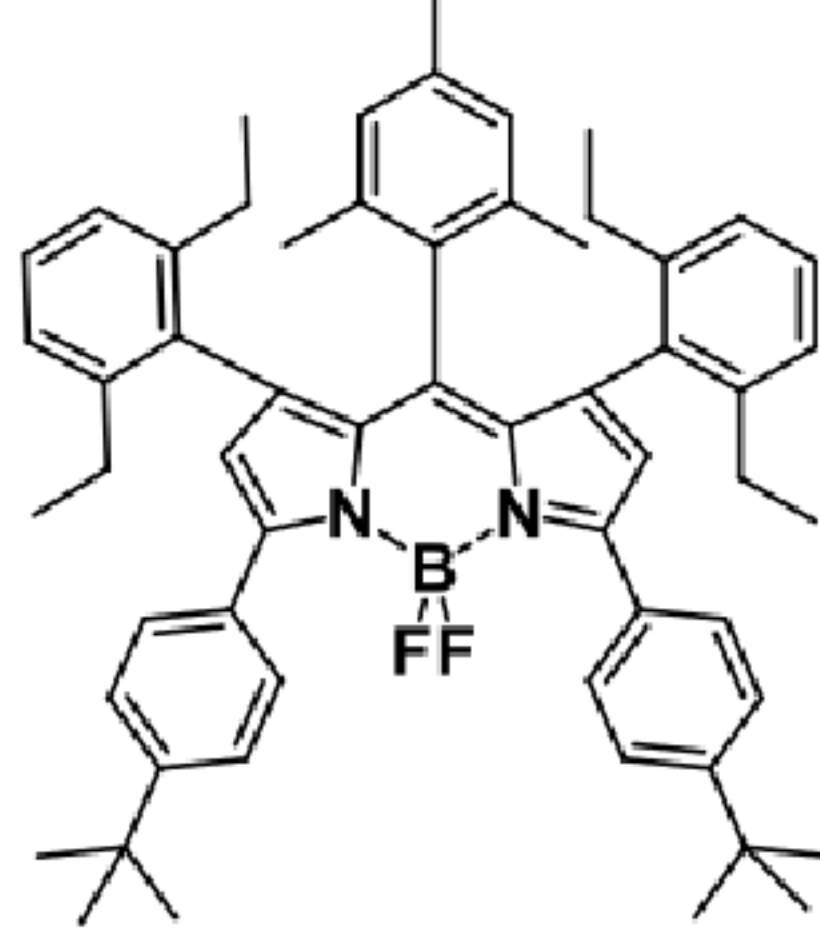
【0080】 [化 12]



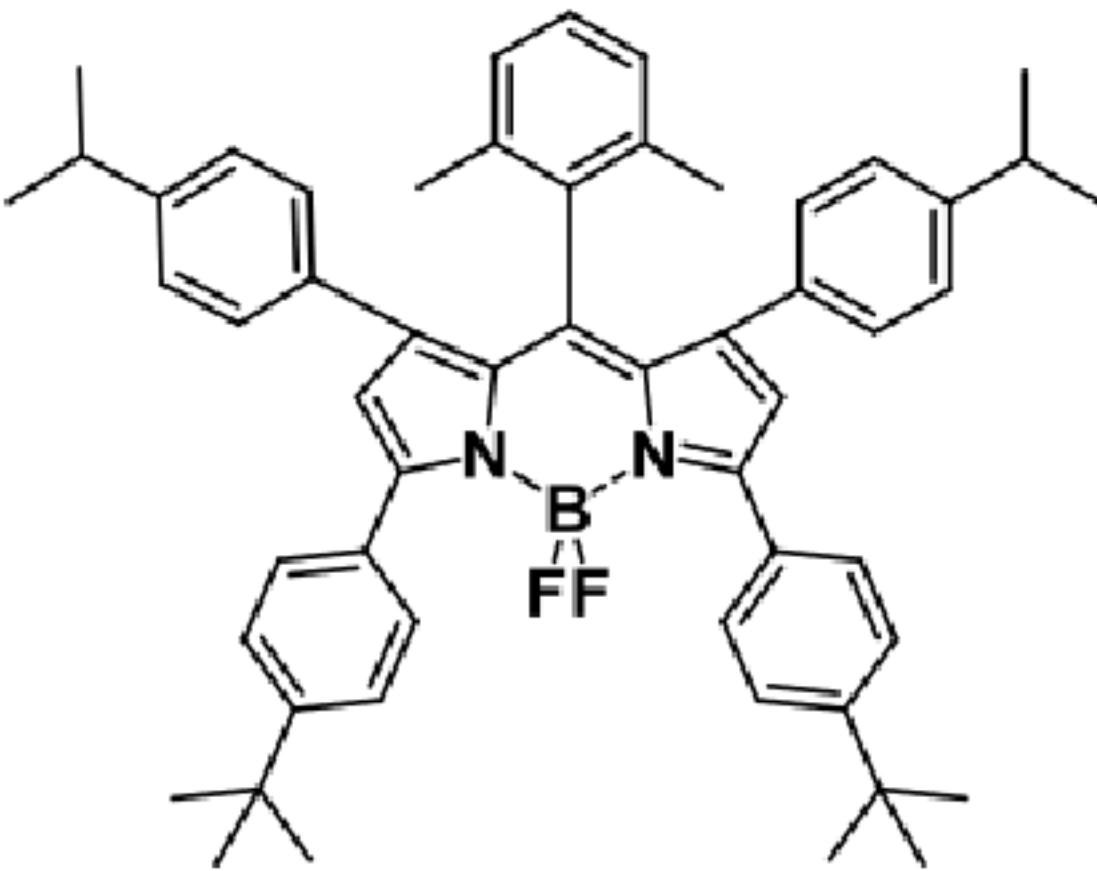
12-1



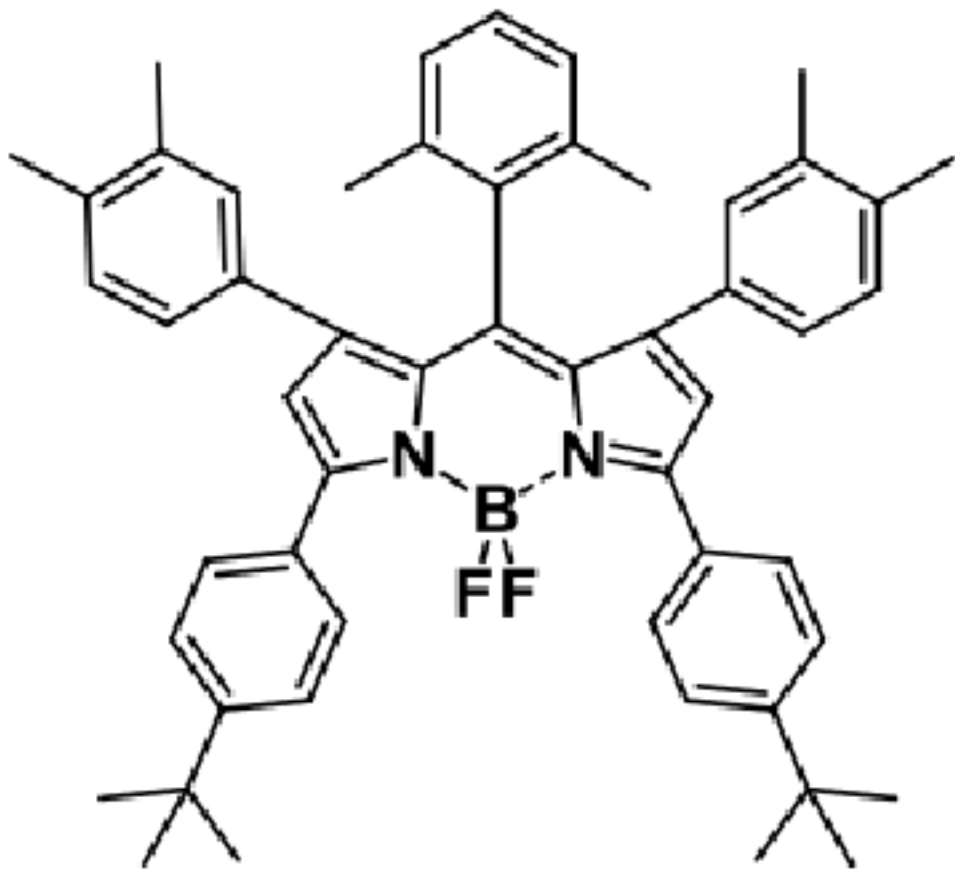
12-2



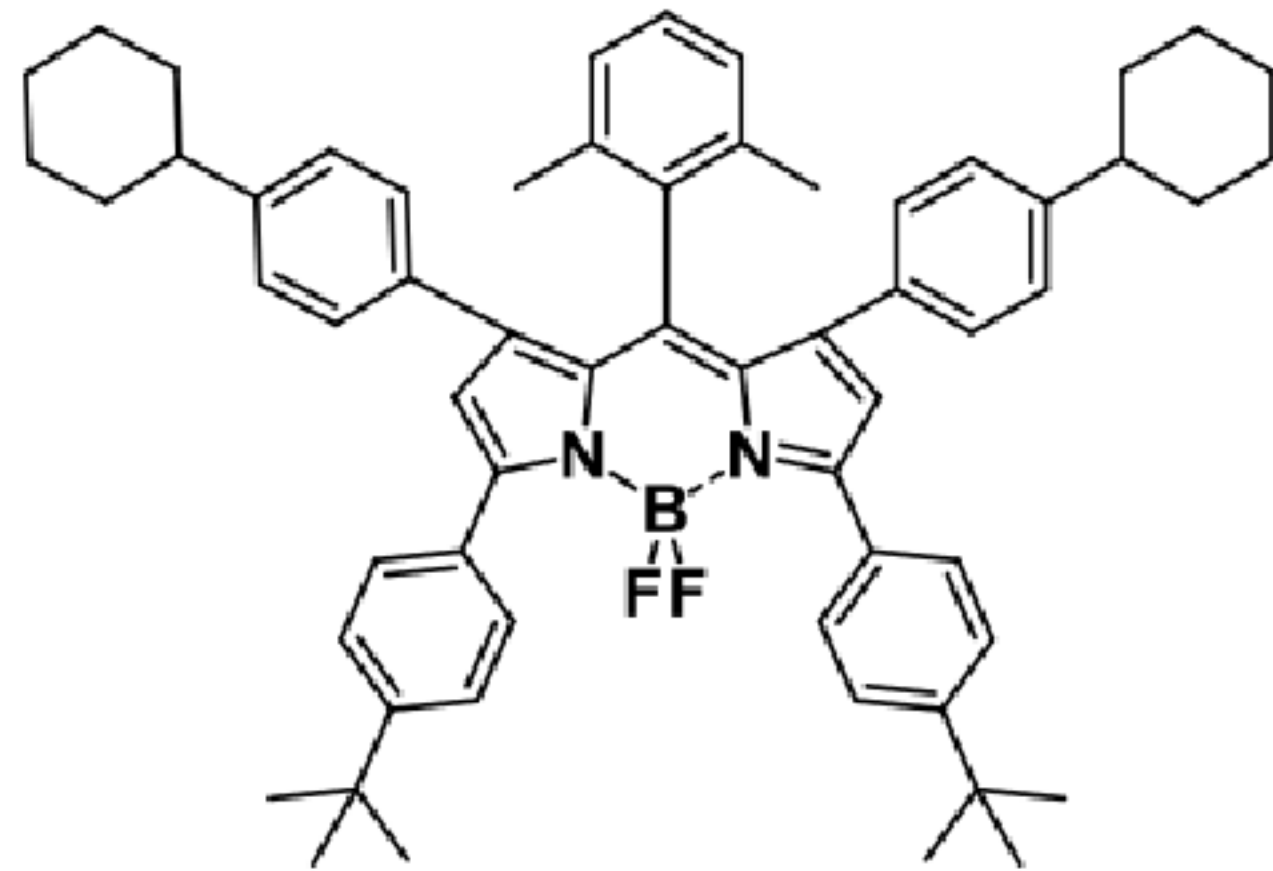
12-3



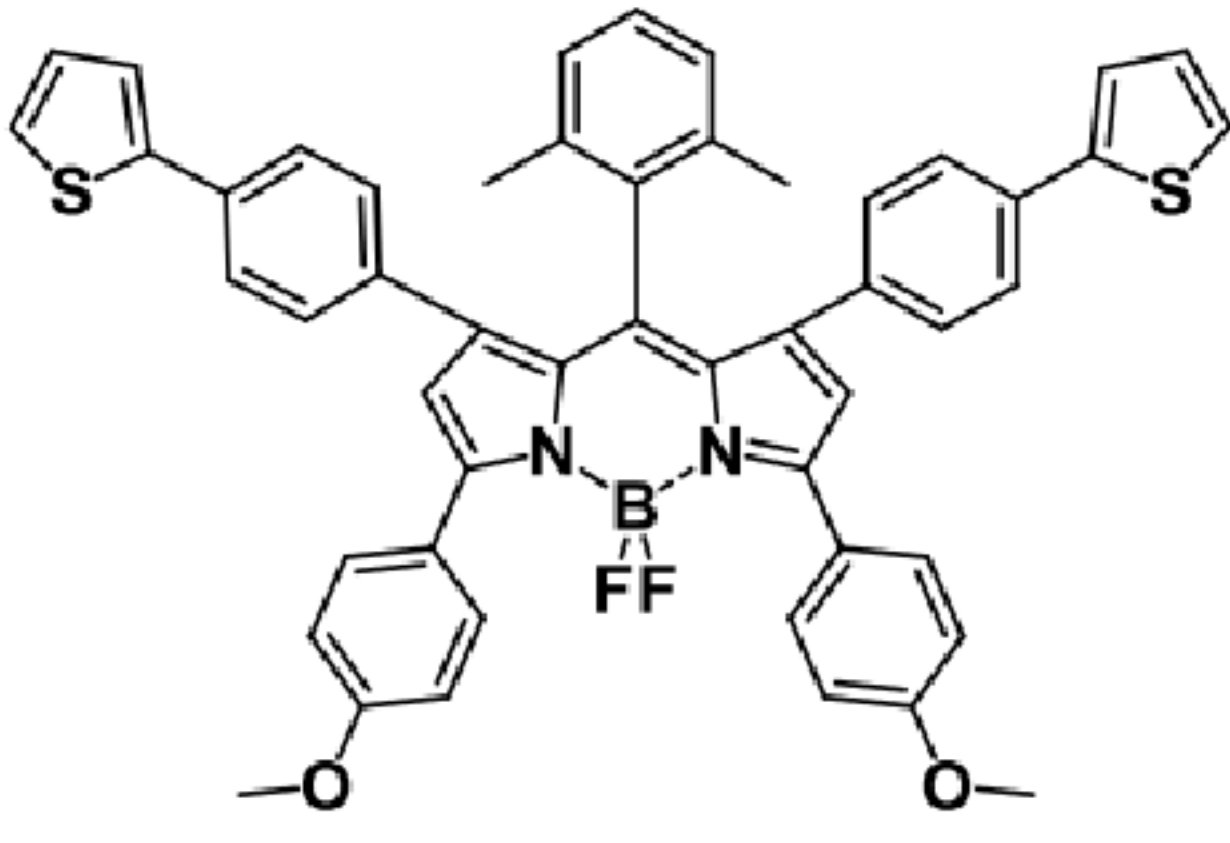
12-4



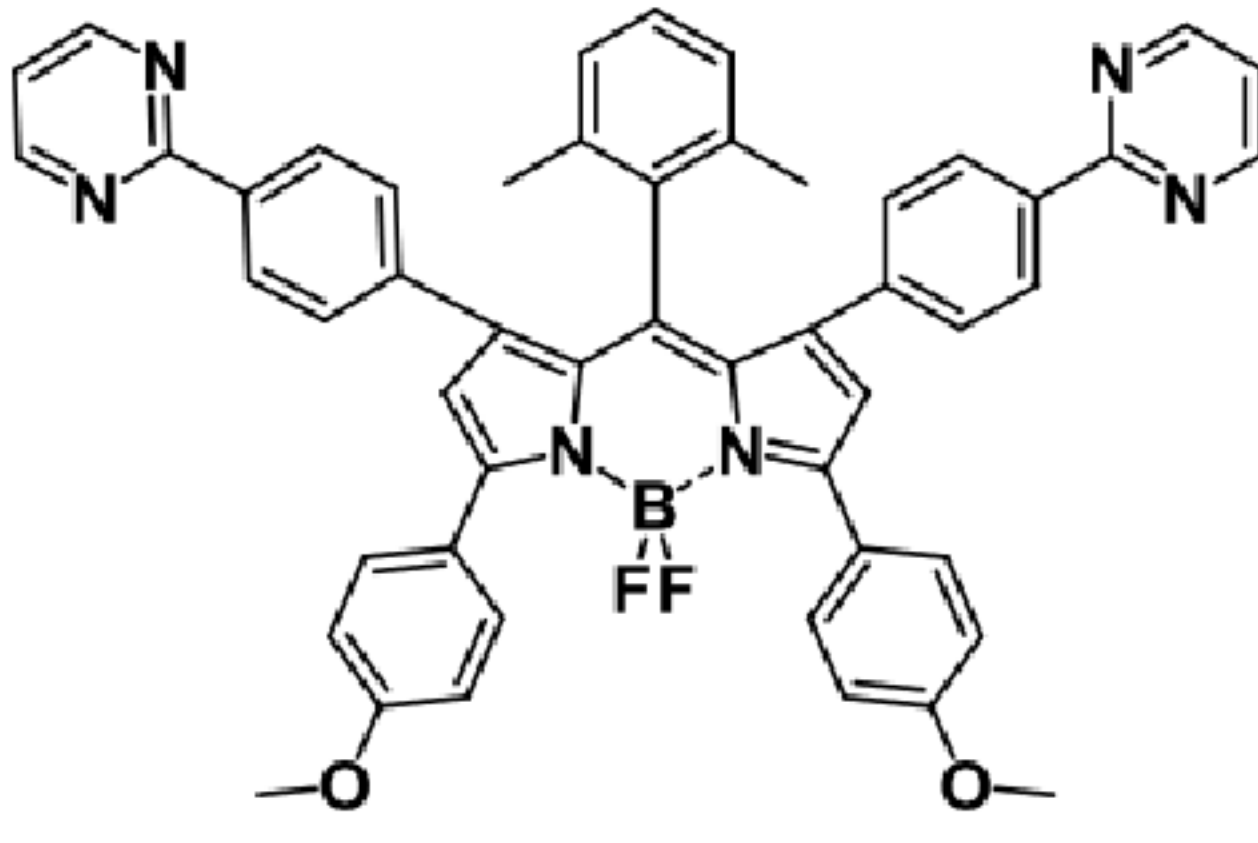
12-5



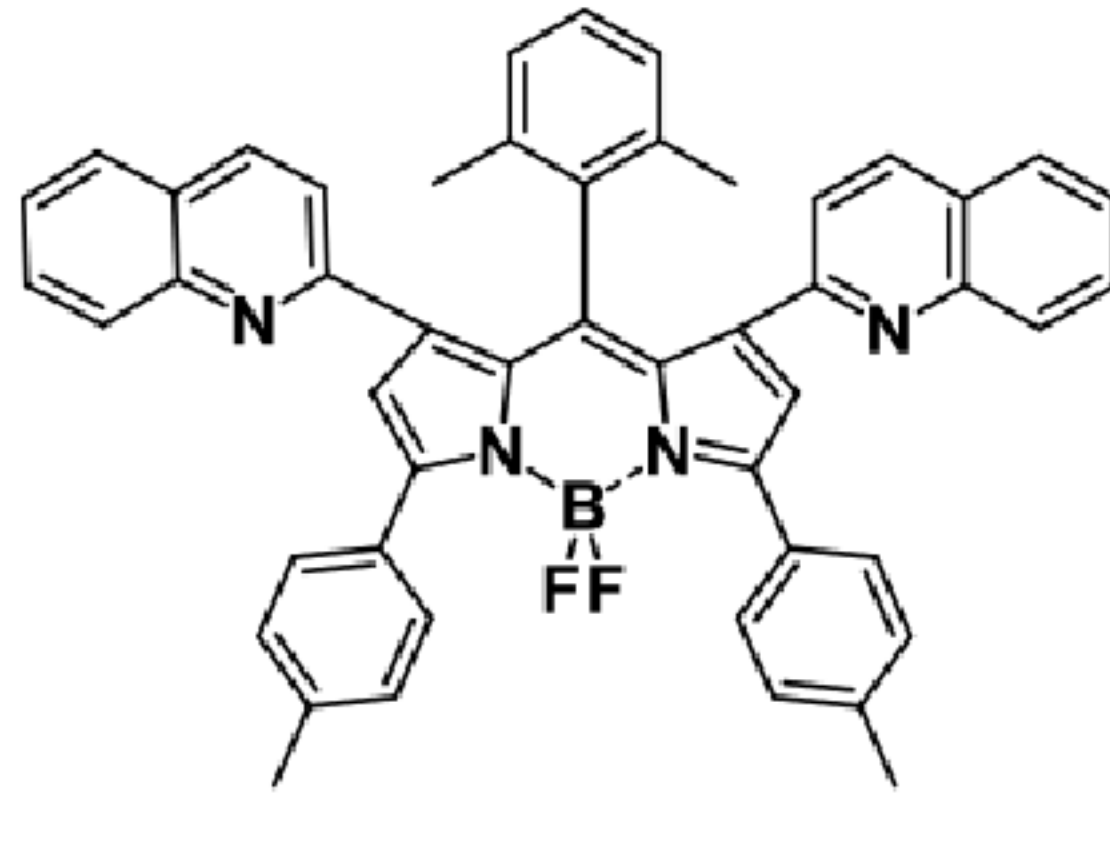
12-6



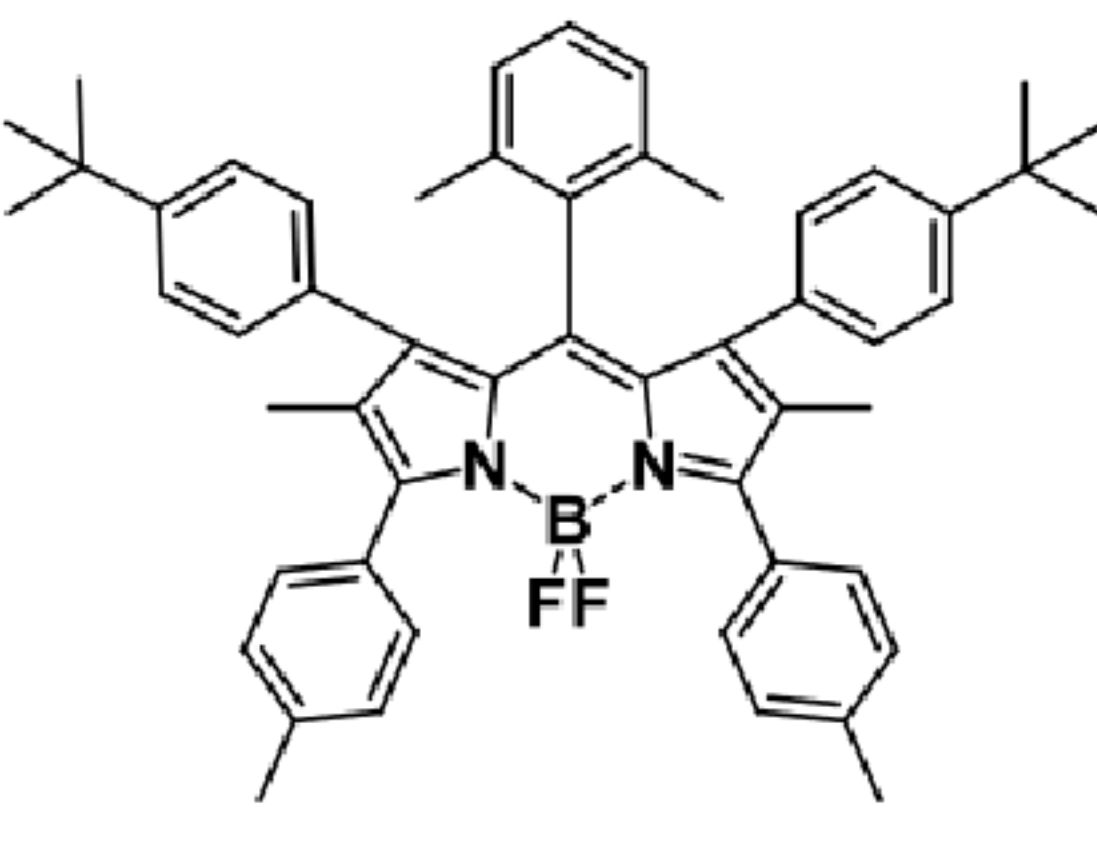
12-7



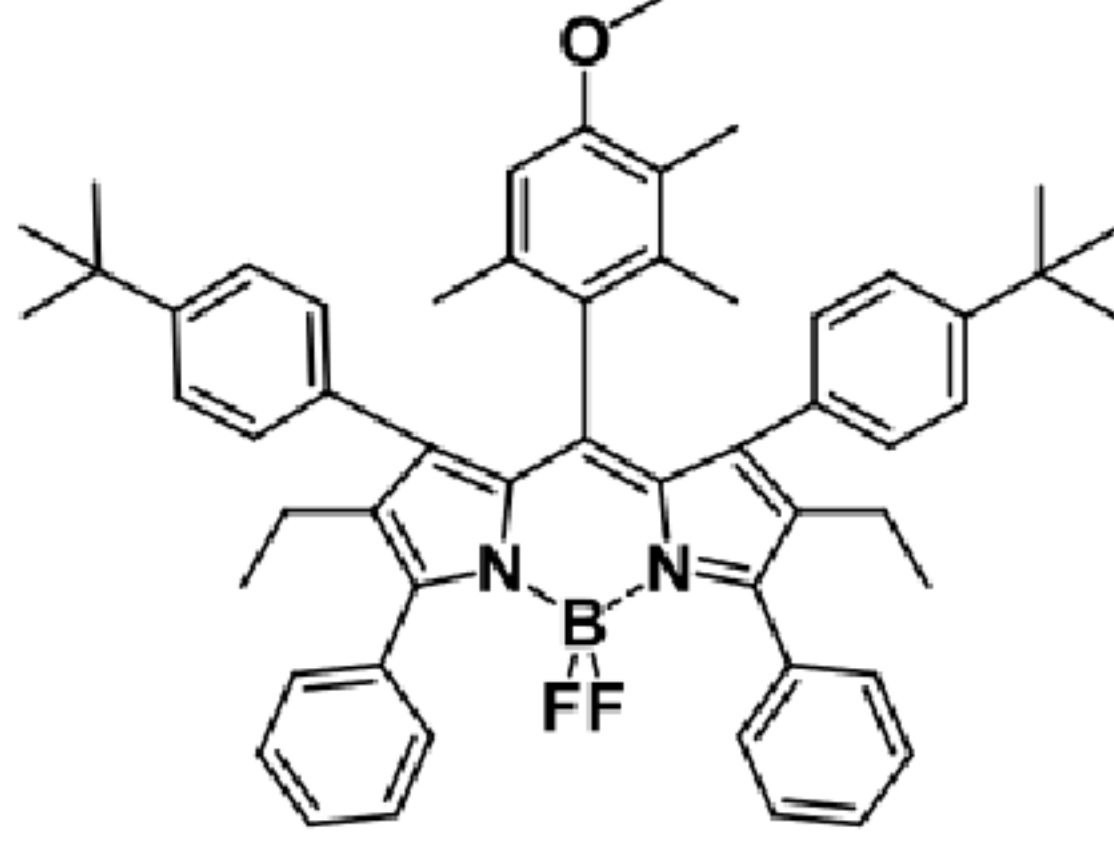
12-8



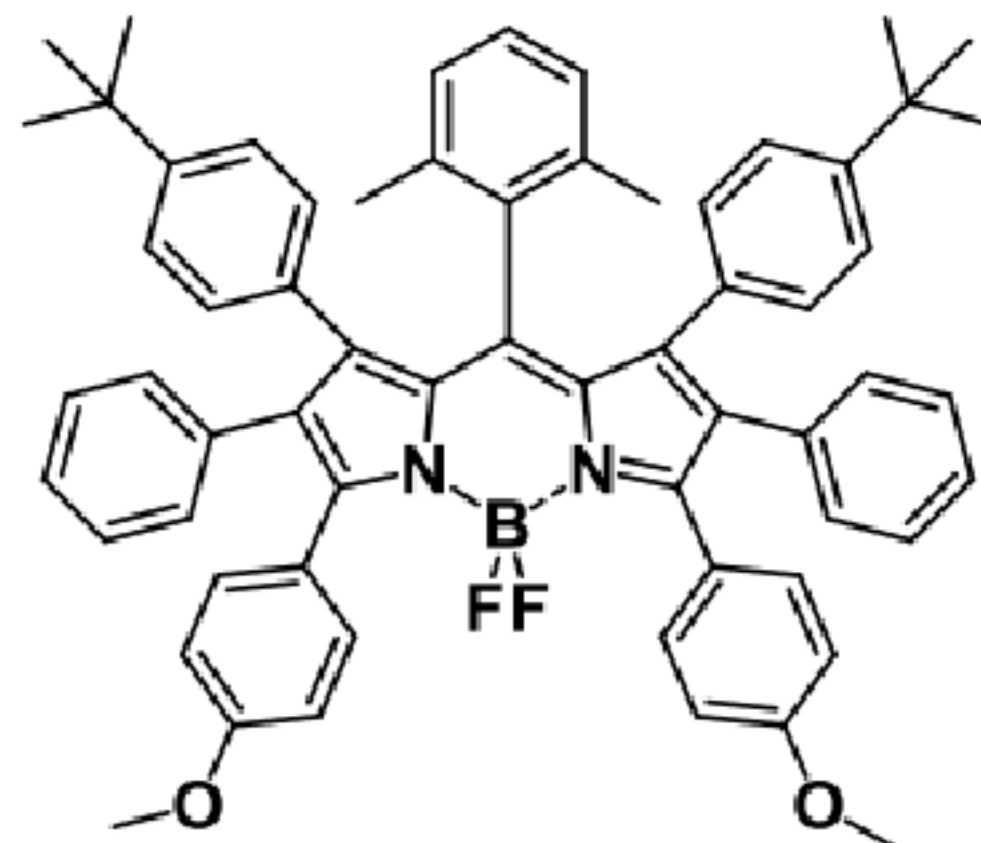
12-9



12-10

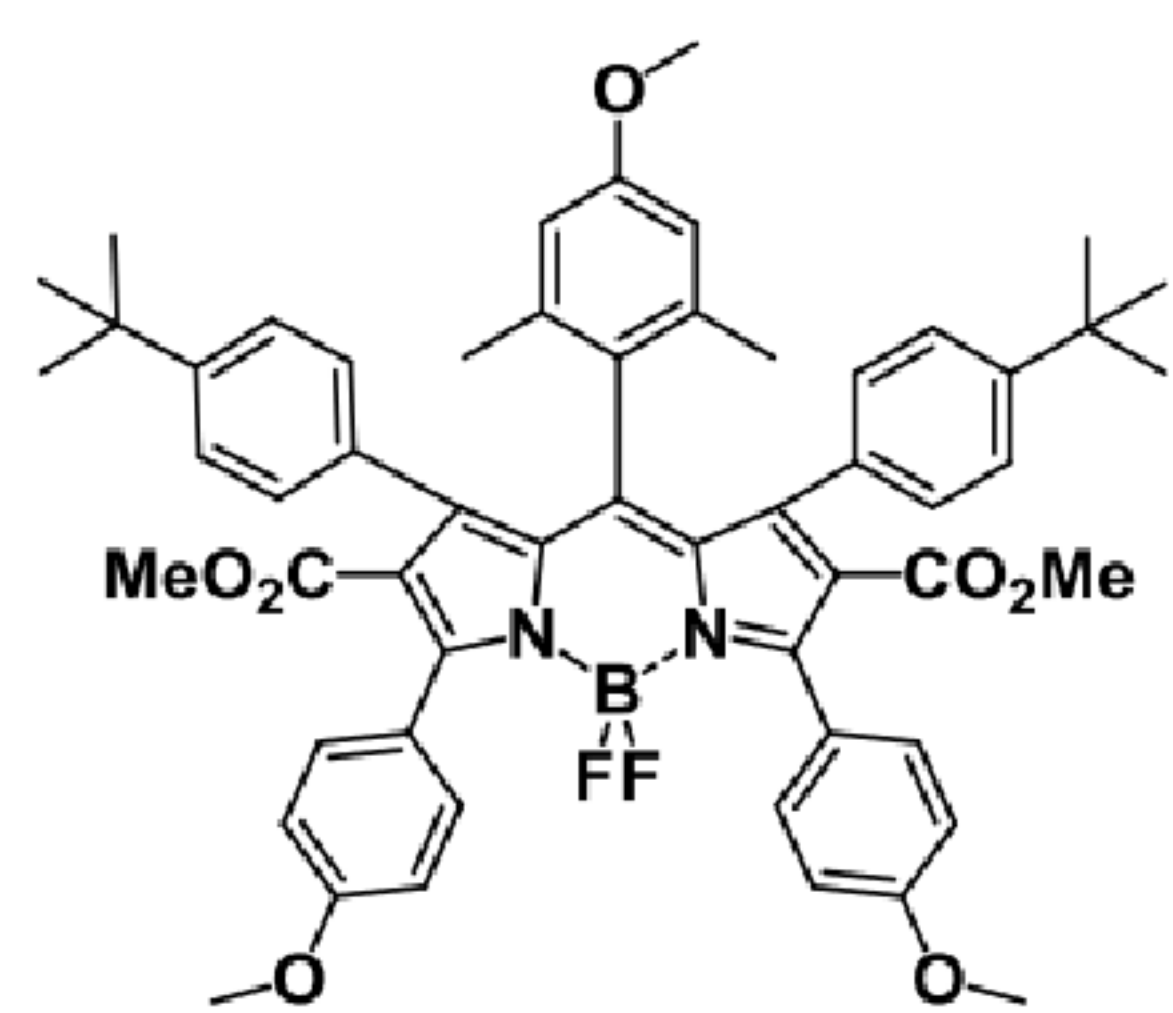


12-11

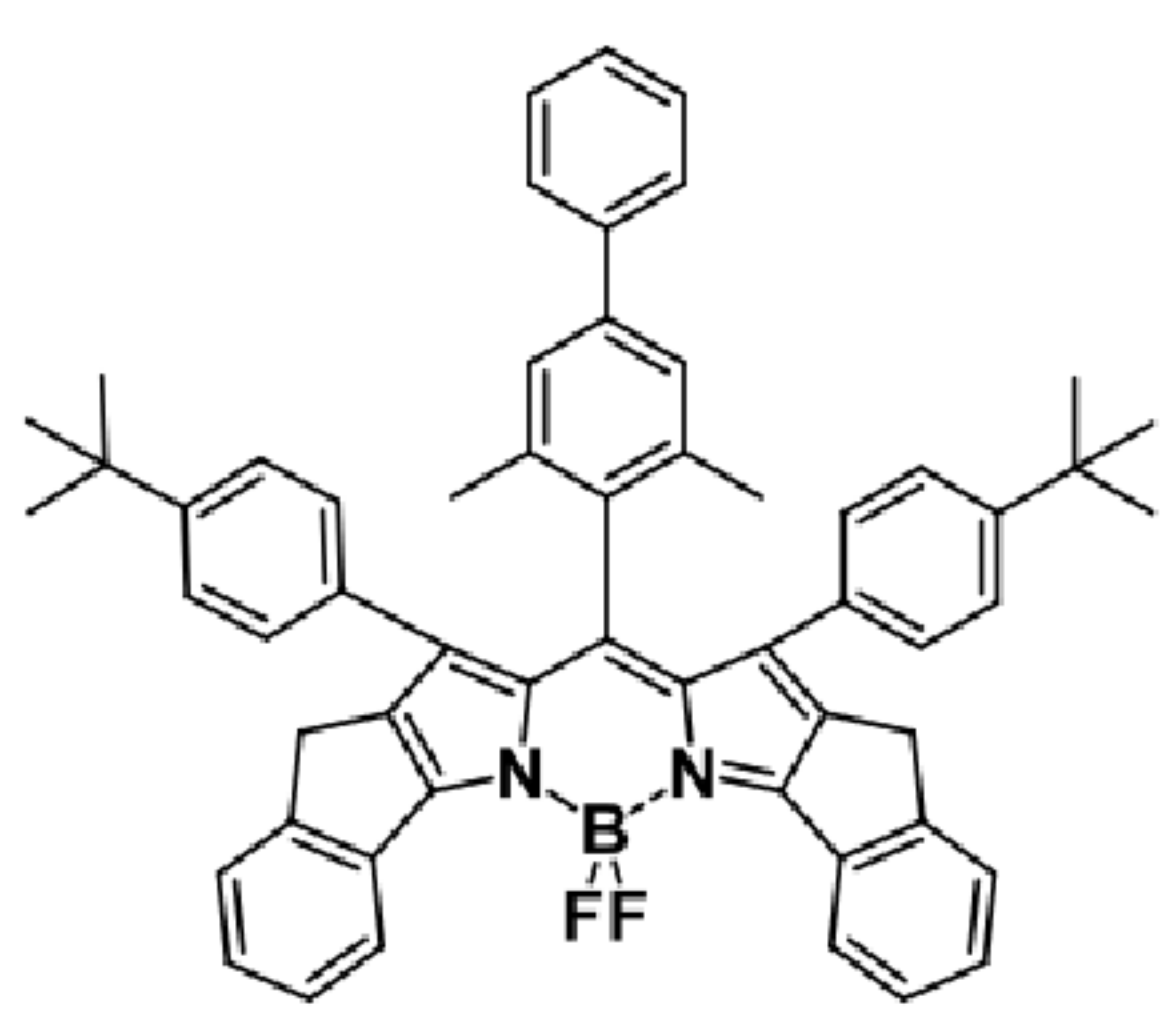


12-12

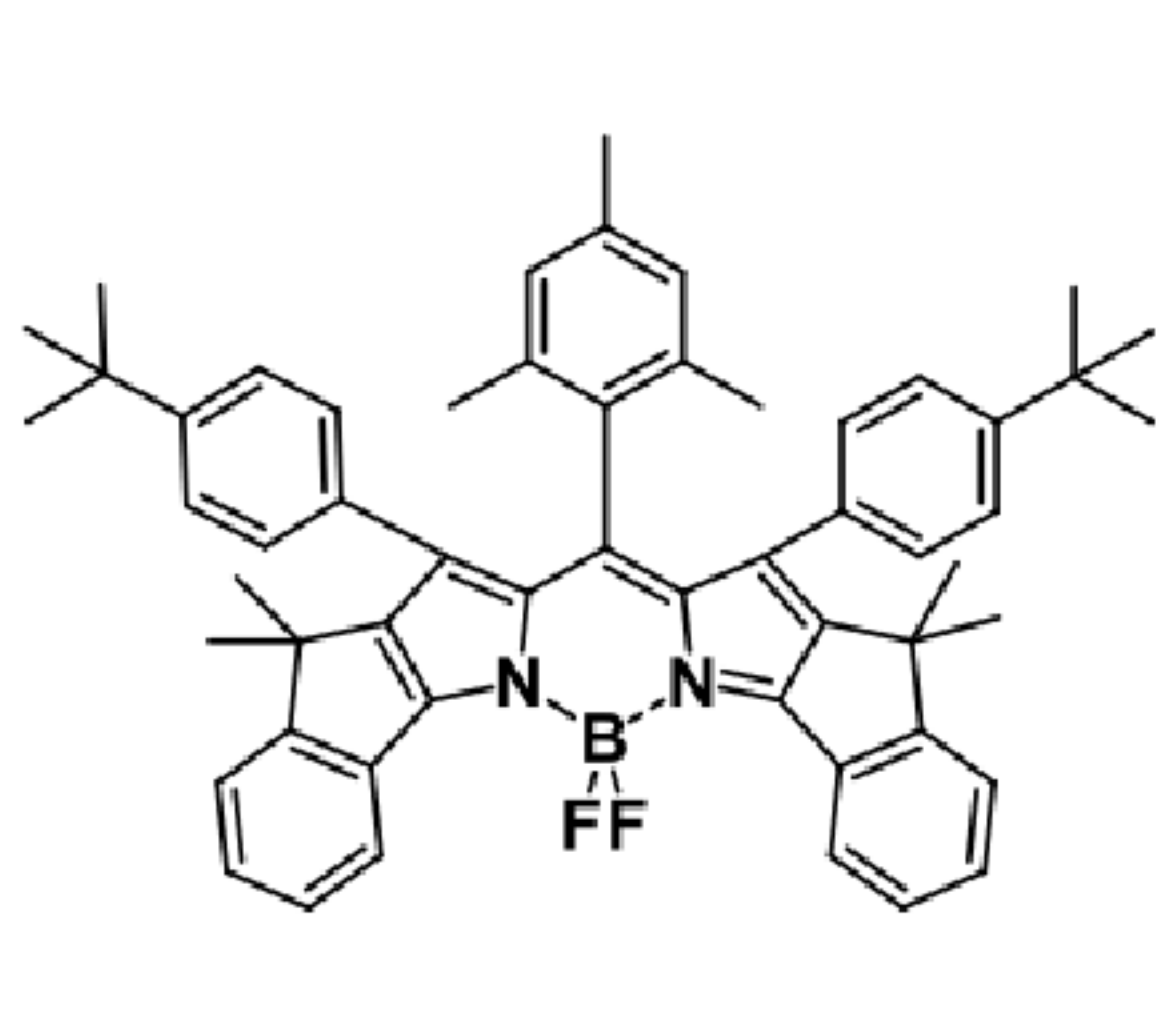
【0081】 [化 13]



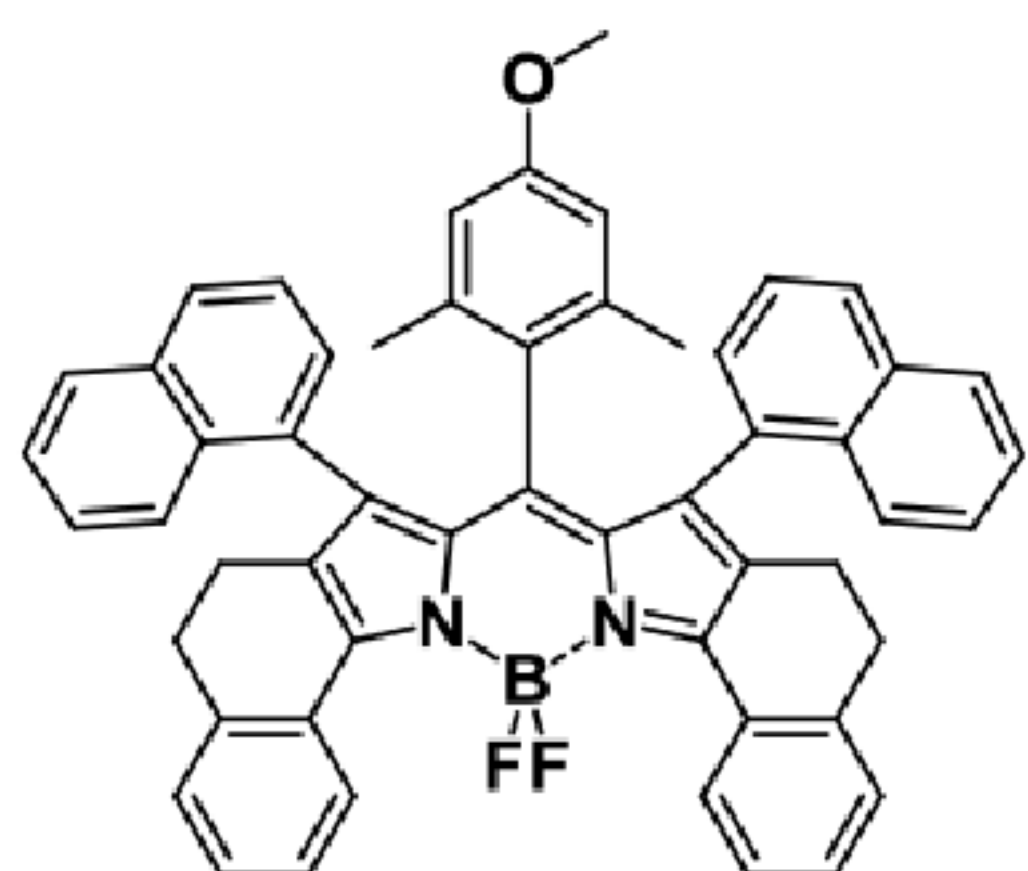
13-1



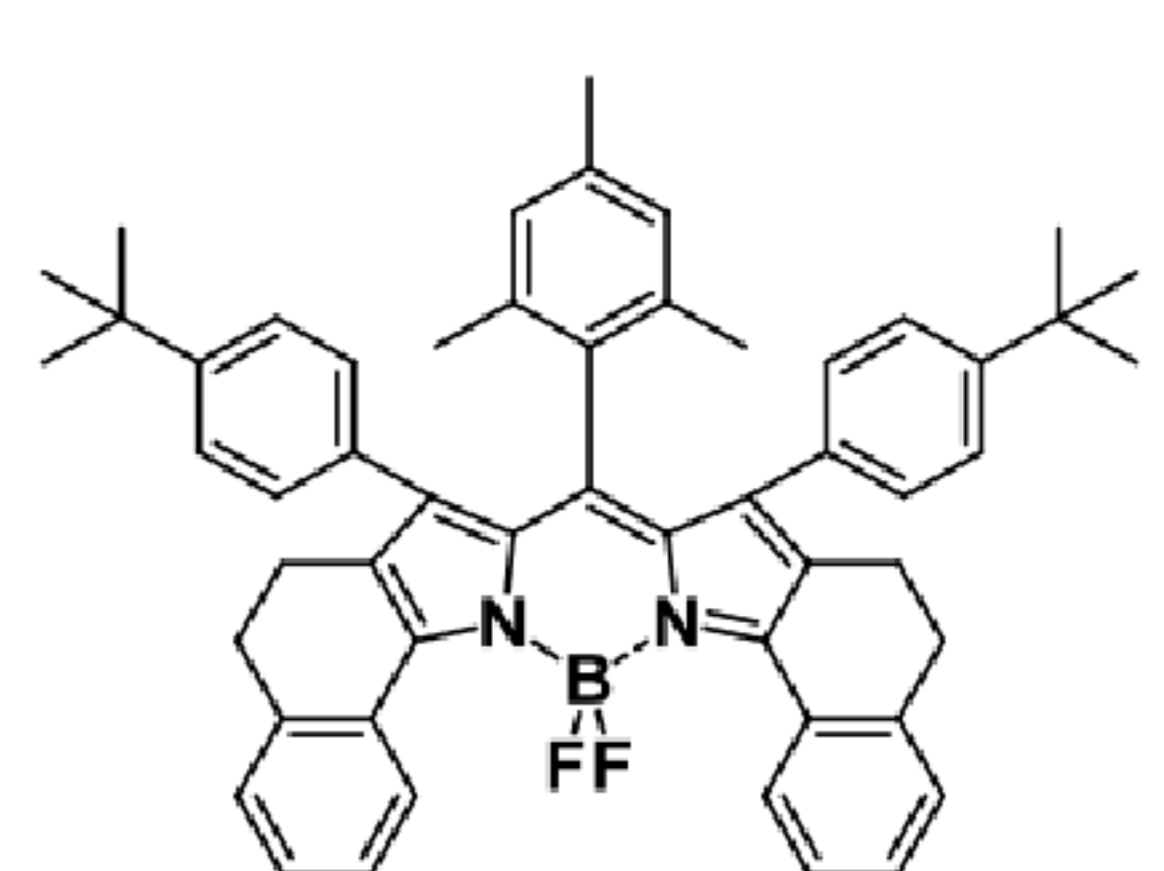
13-2



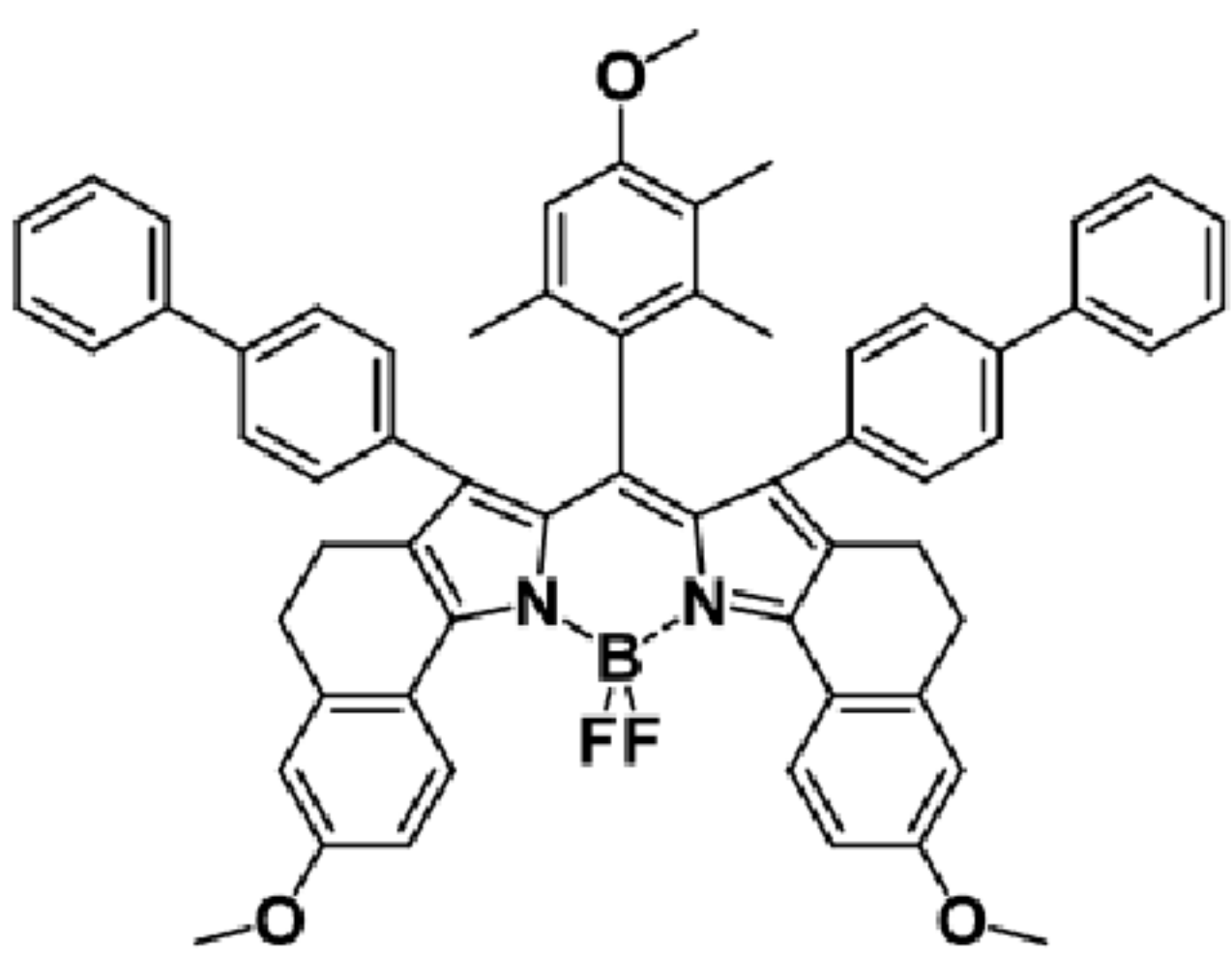
13-3



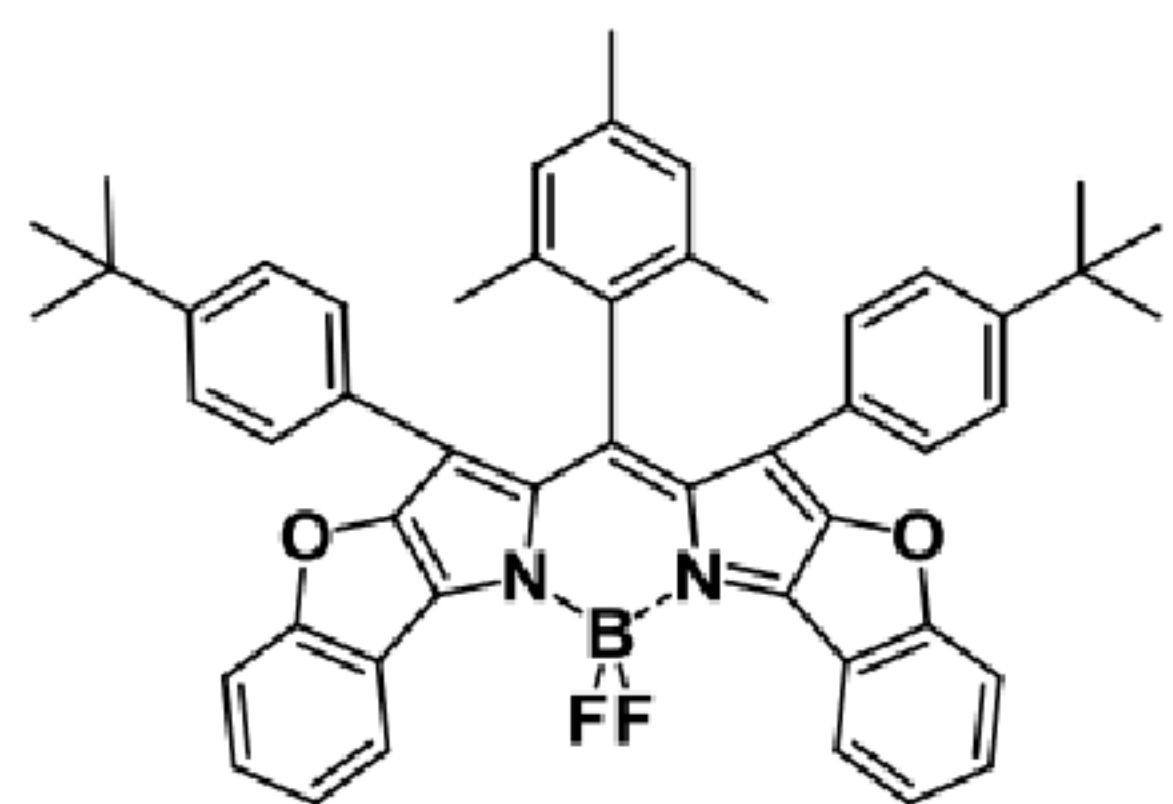
13-4



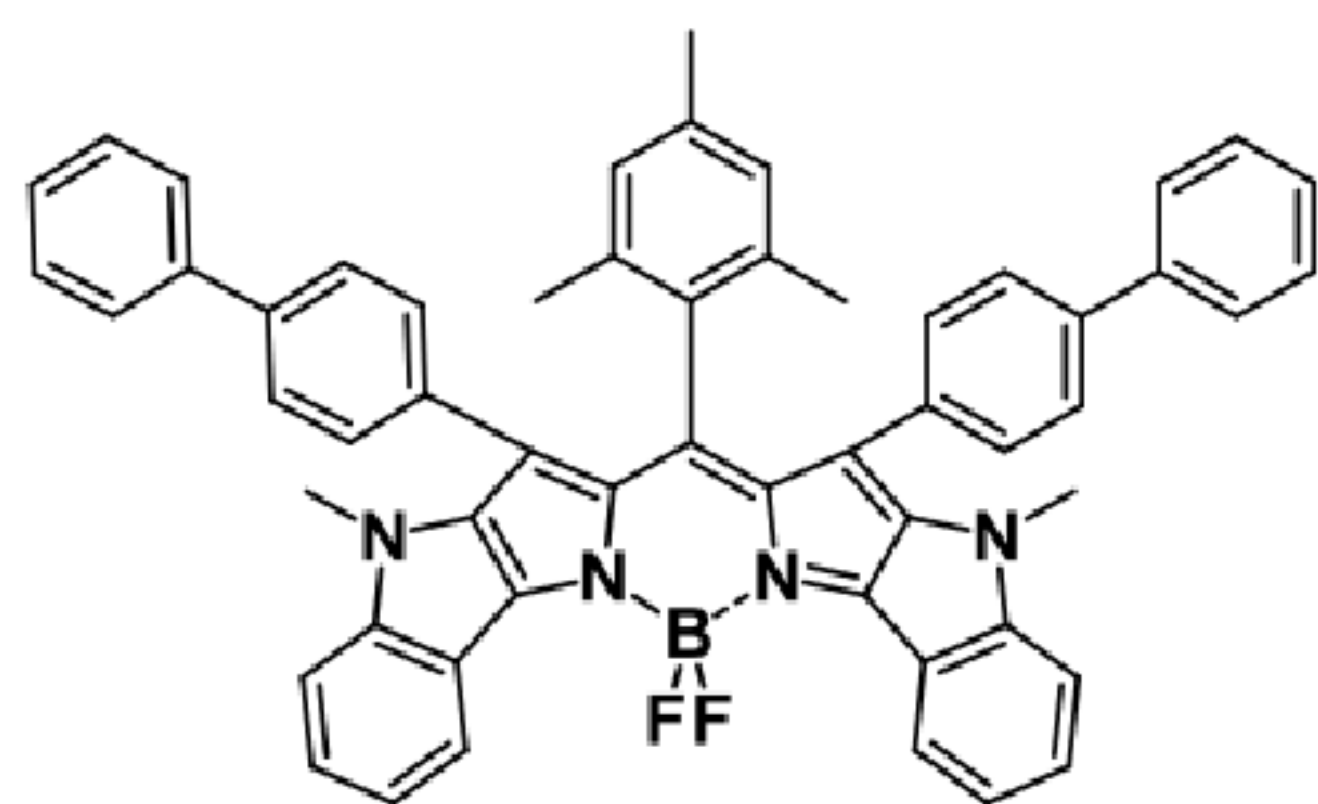
13-5



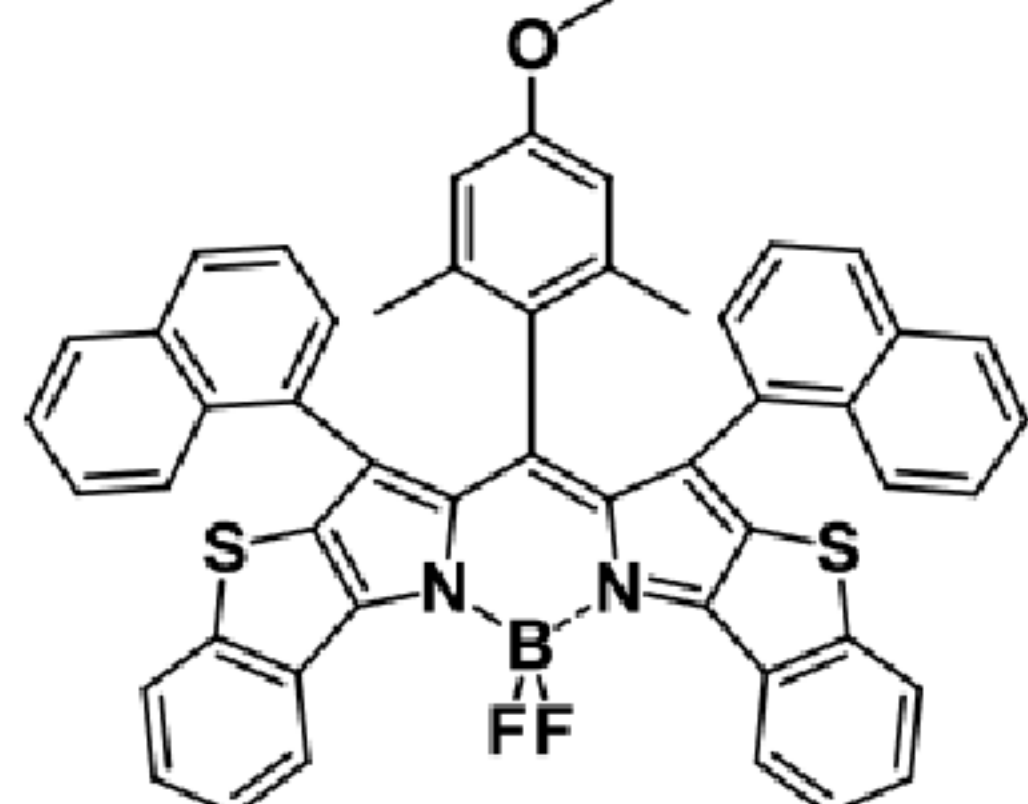
13-6



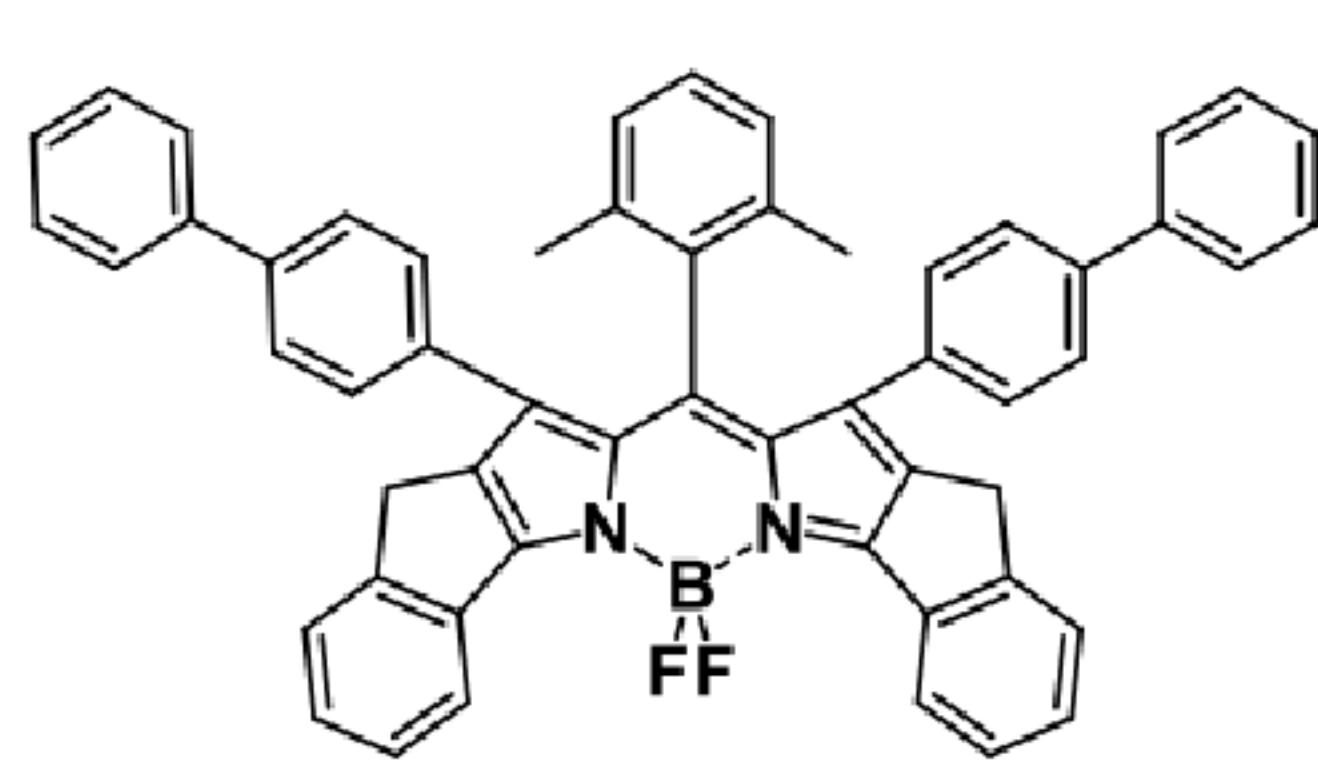
13-7



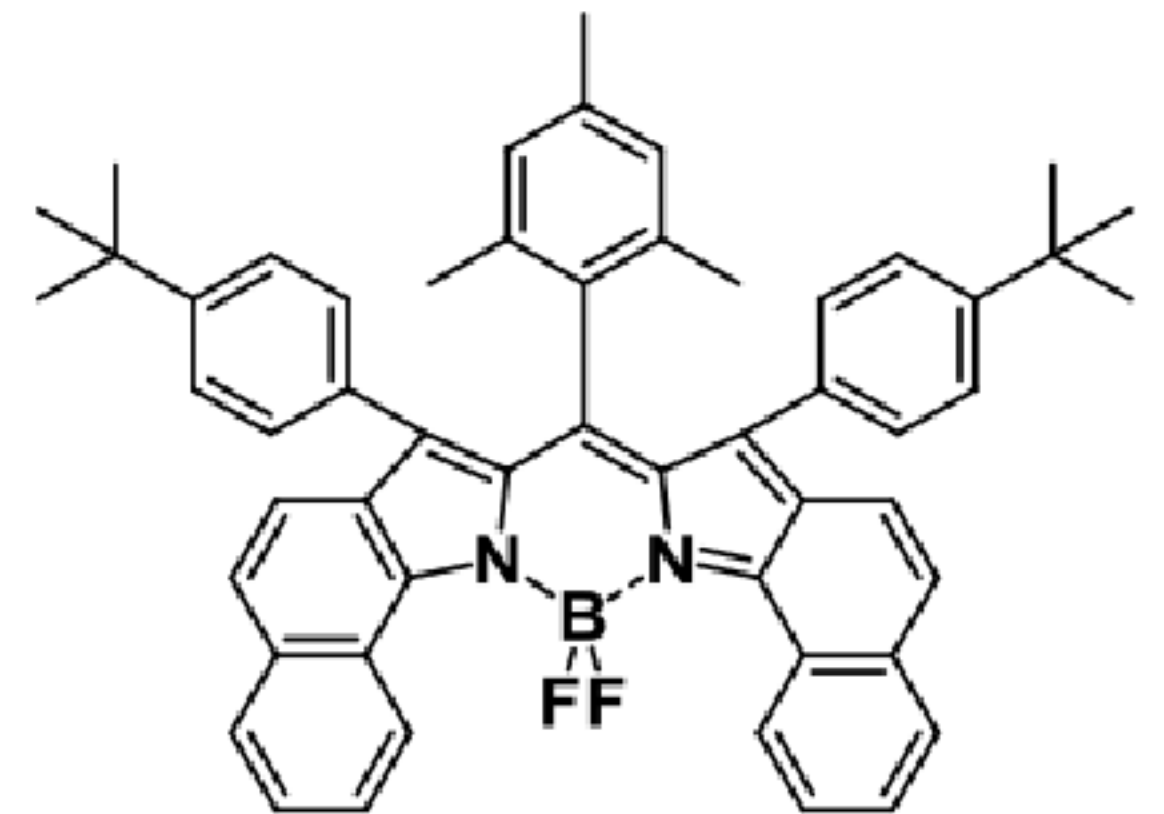
13-8



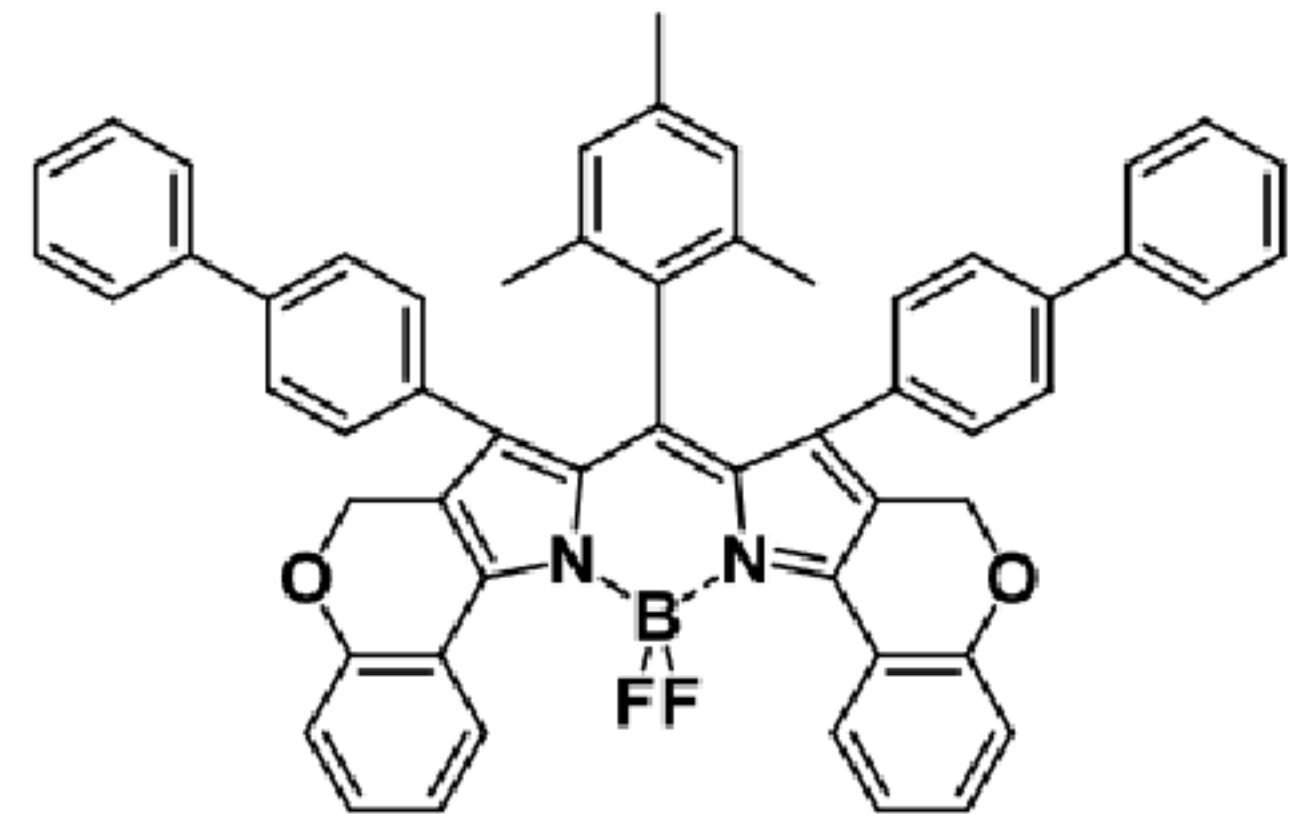
13-9



13-10

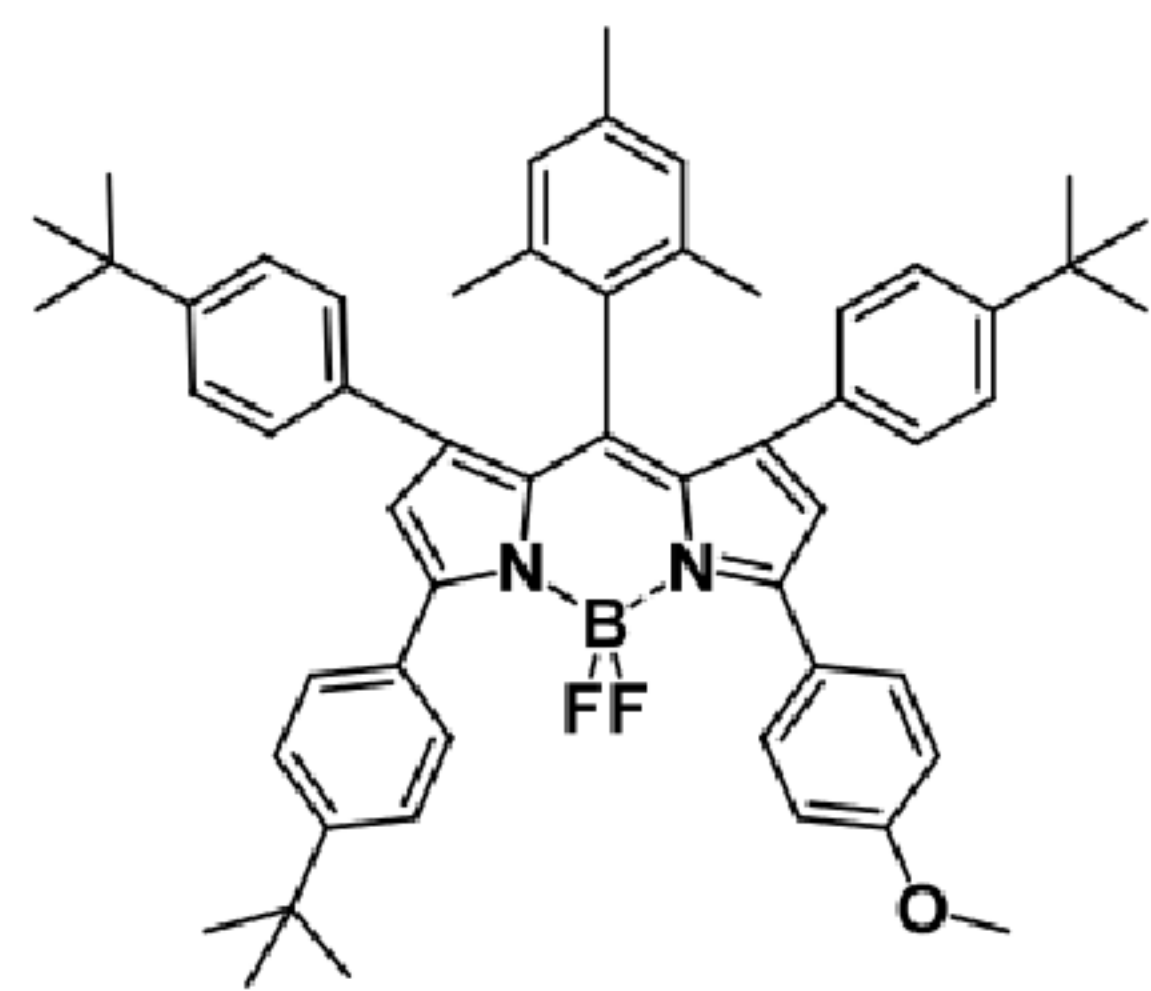


13-11

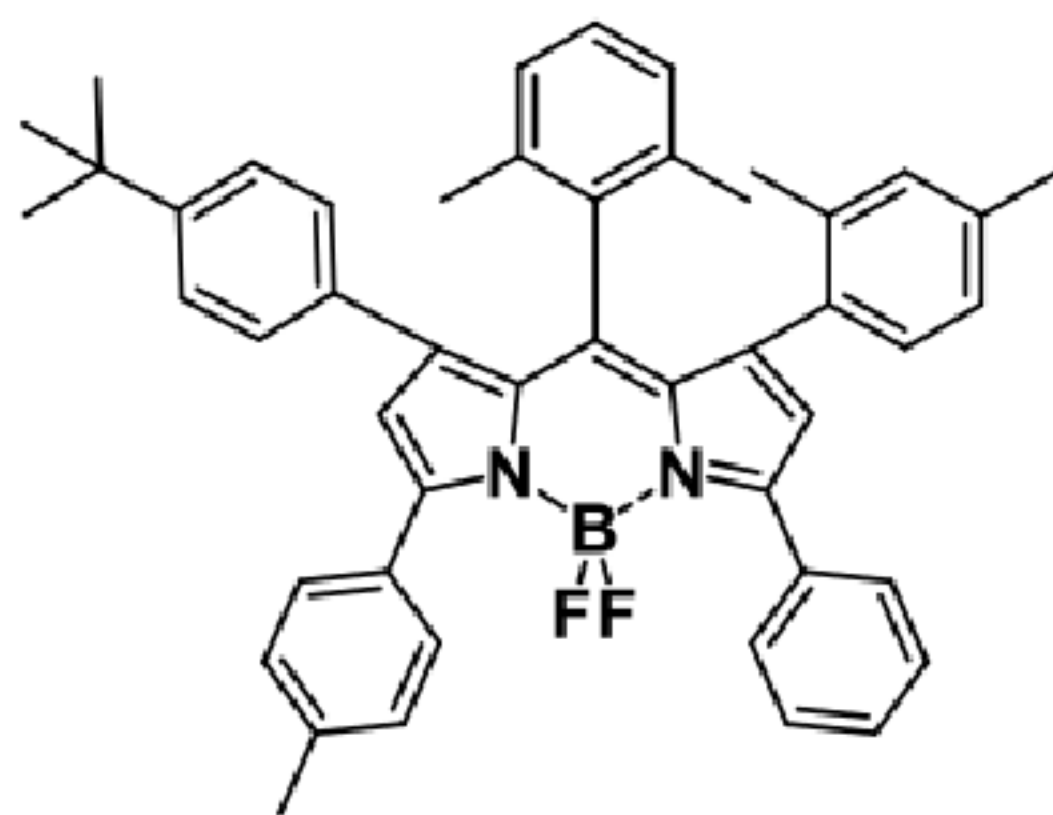


13-12

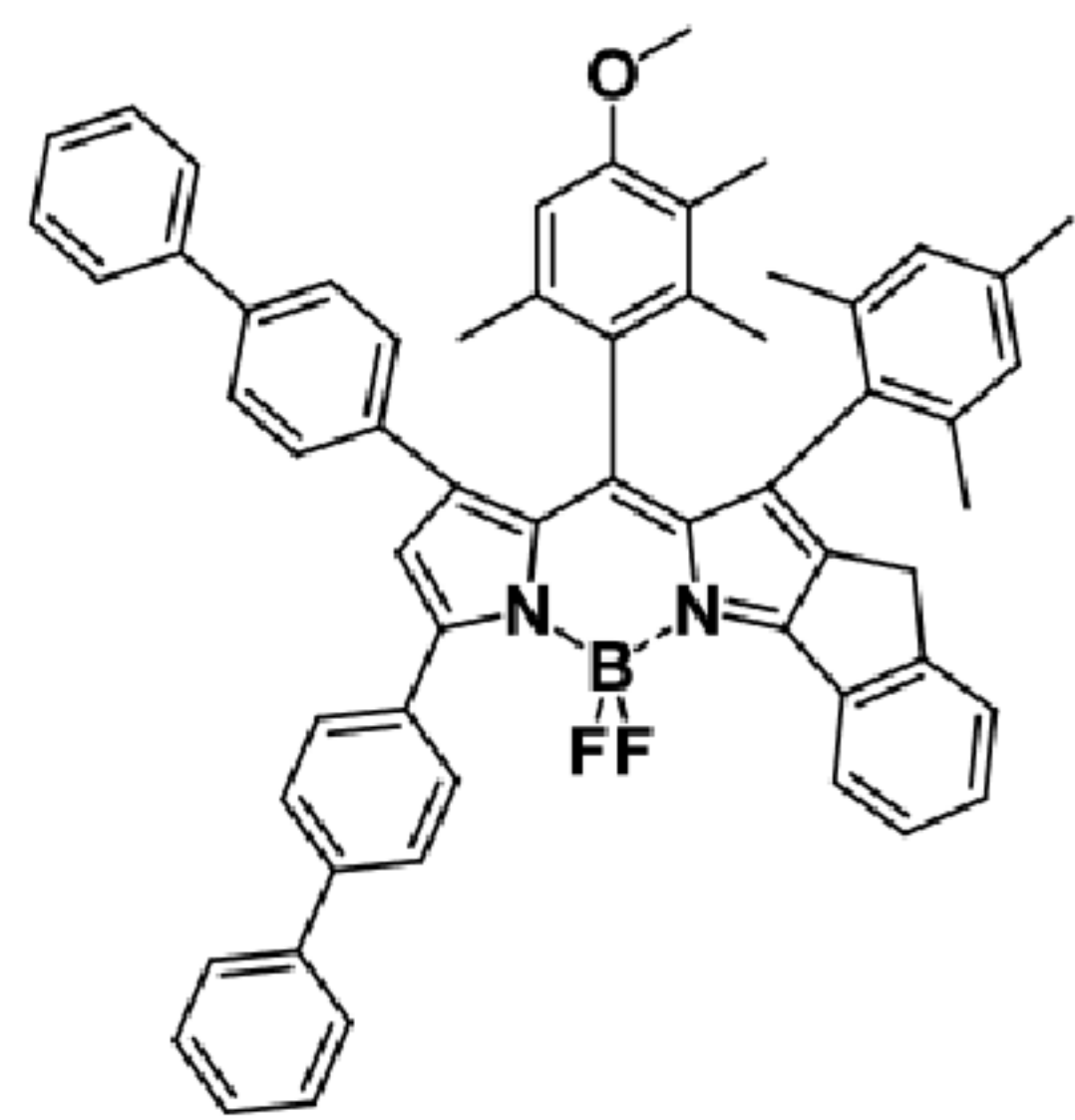
【0082】 [化 14]



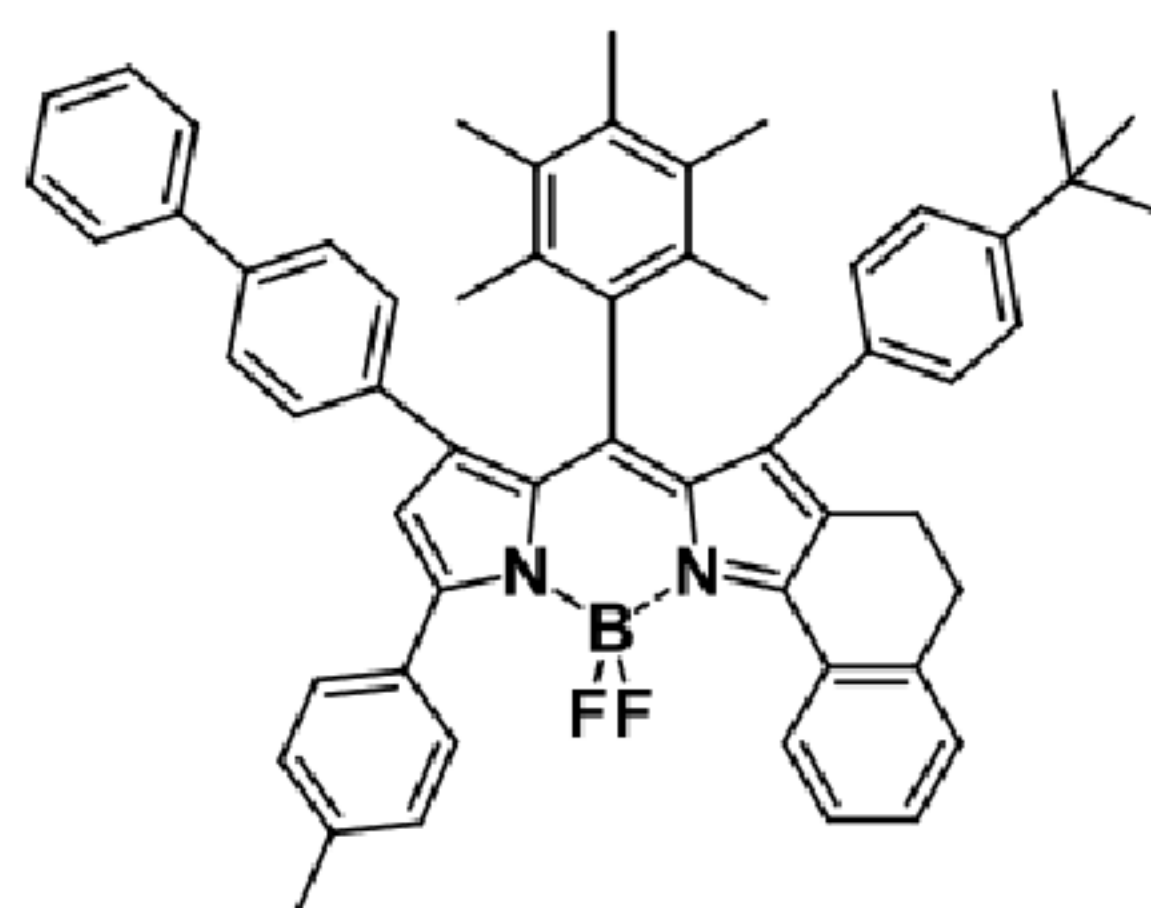
14-1



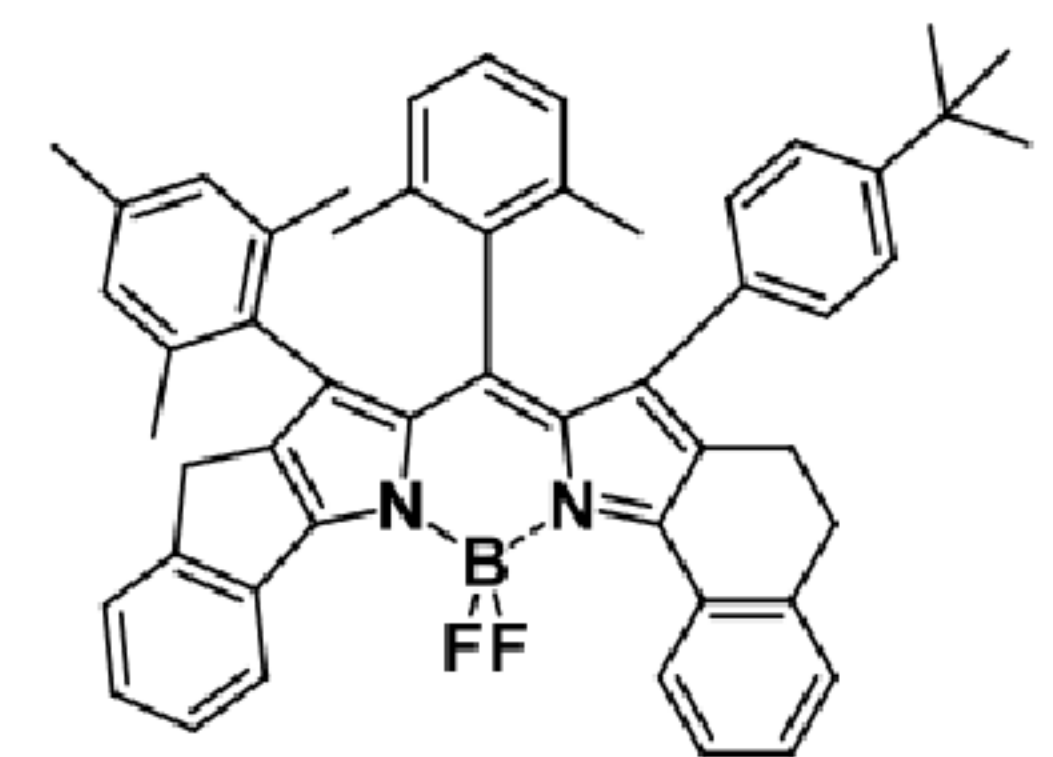
14-2



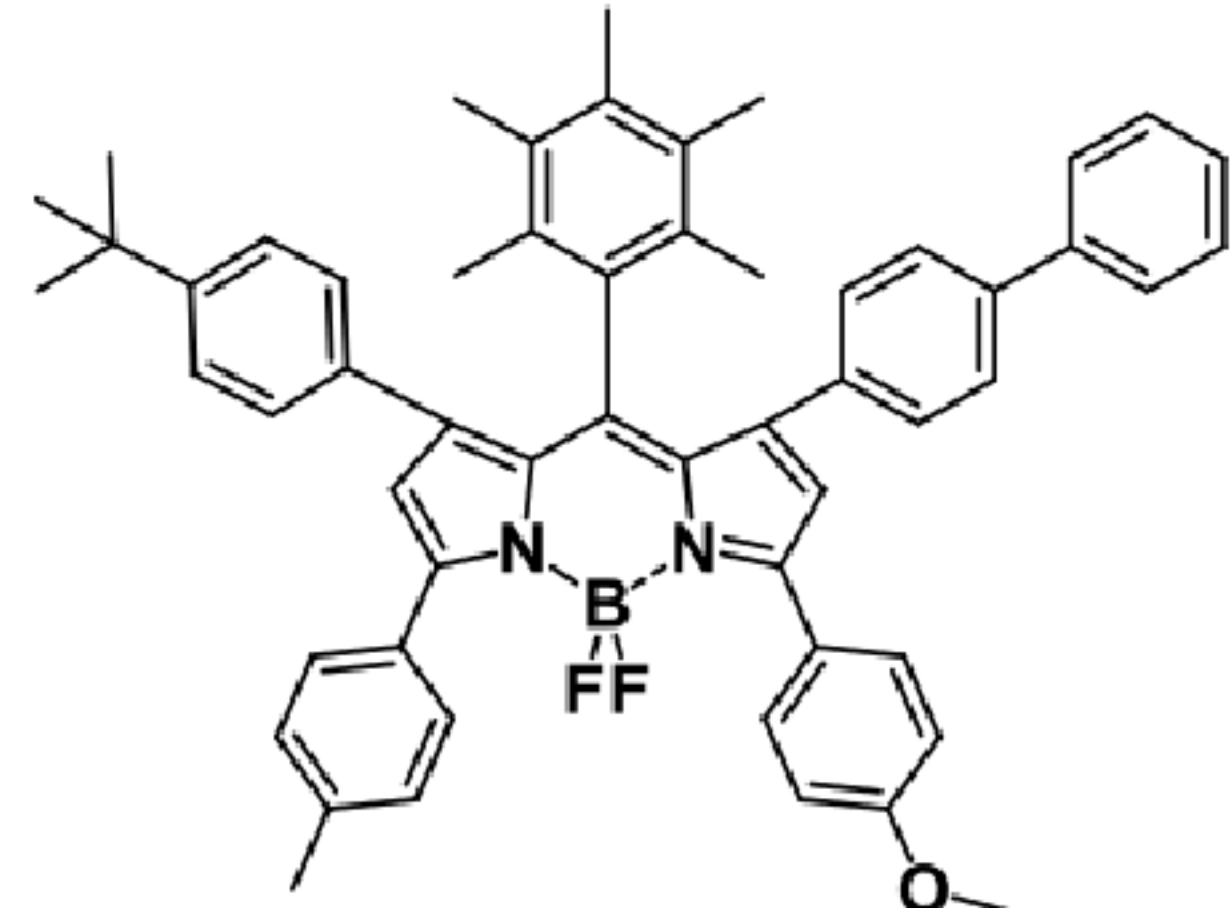
14-3



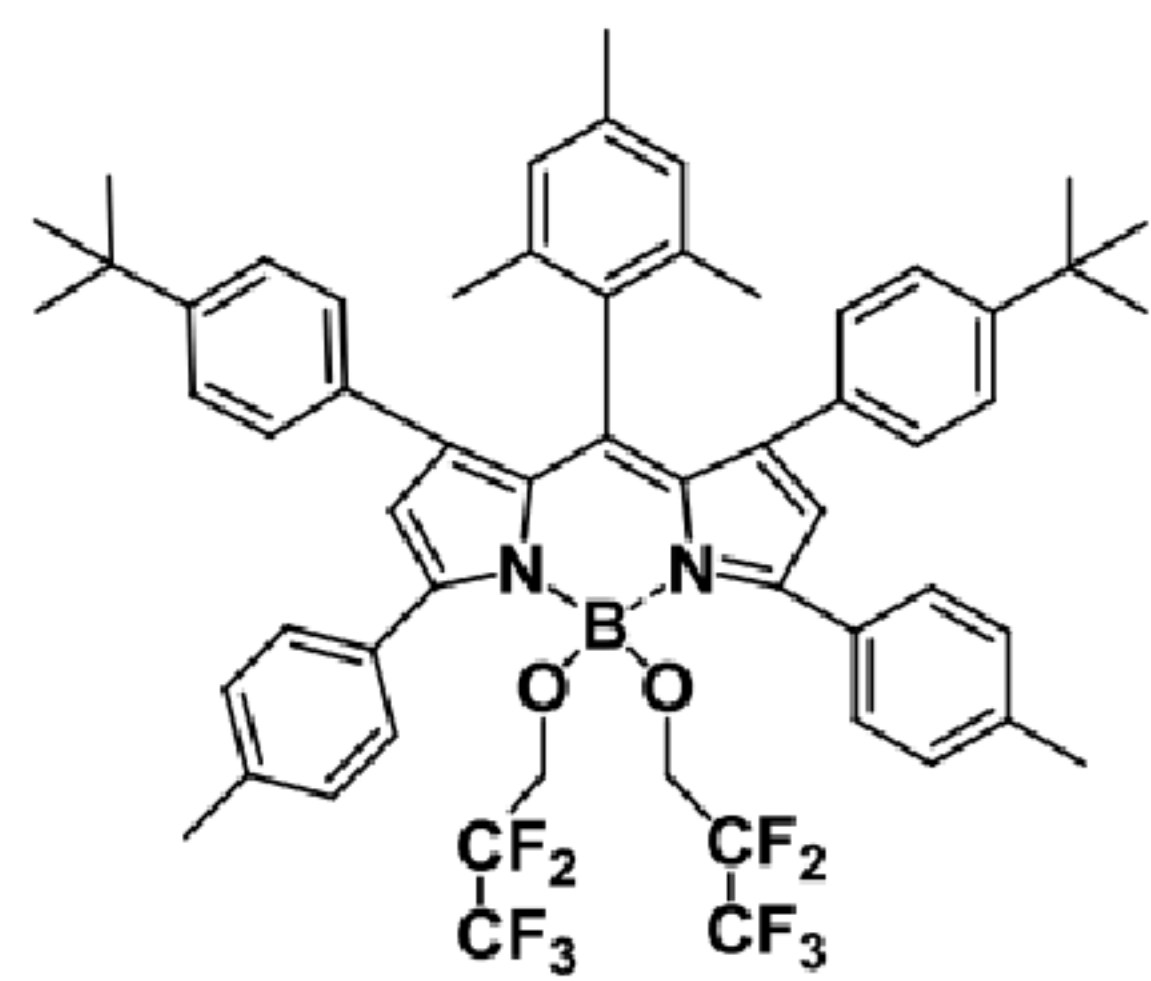
14-4



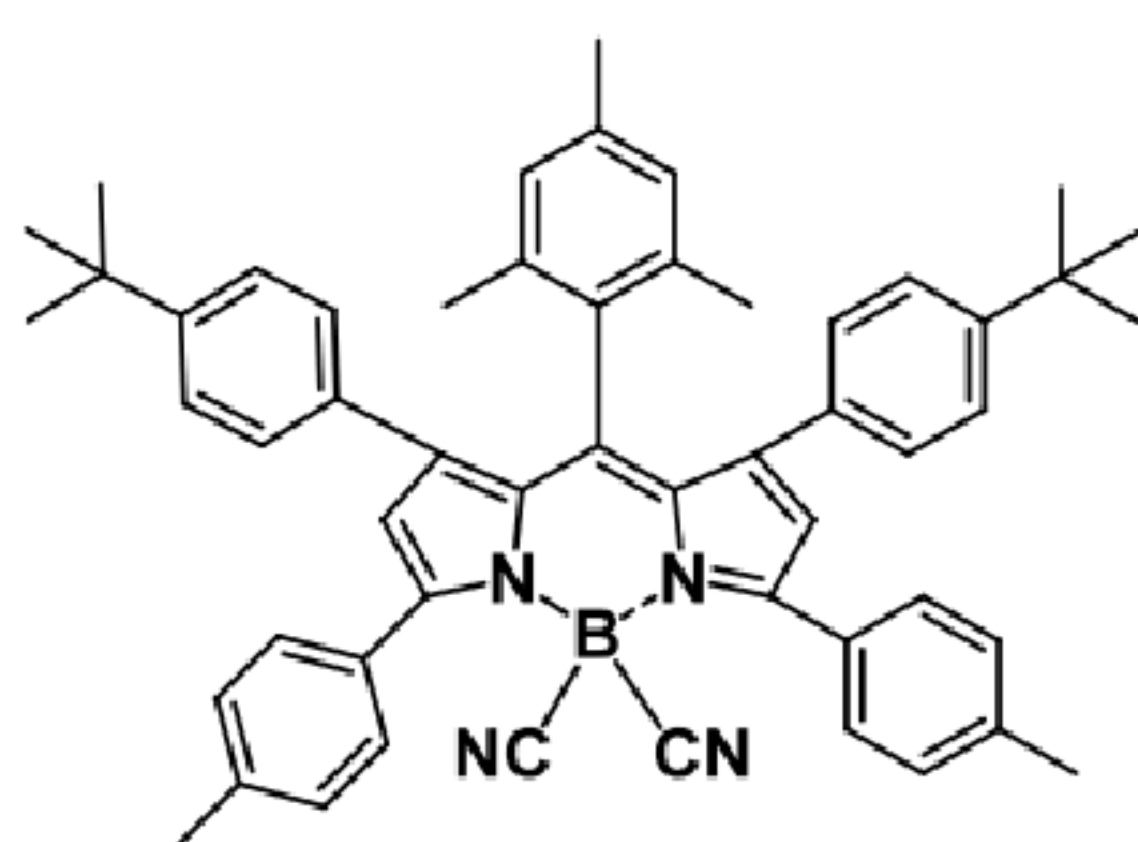
14-5



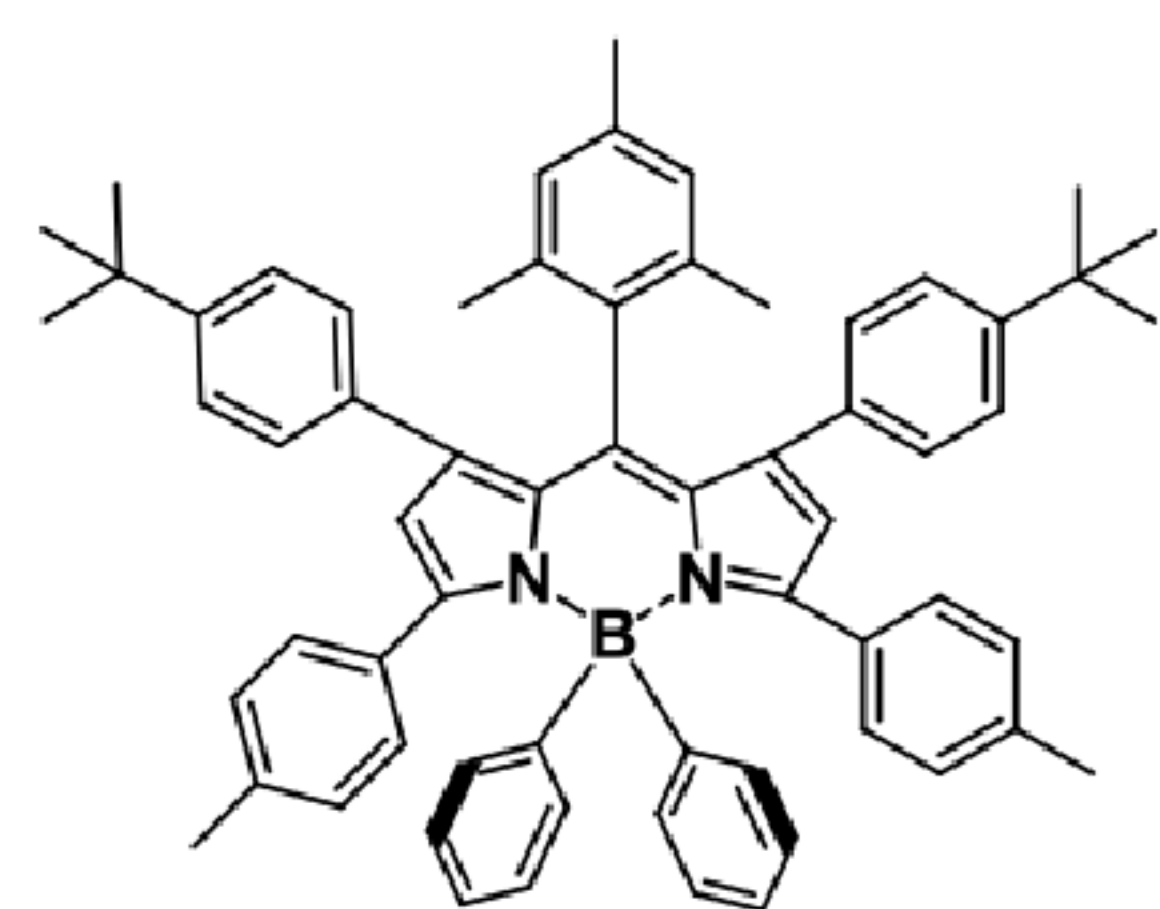
14-6



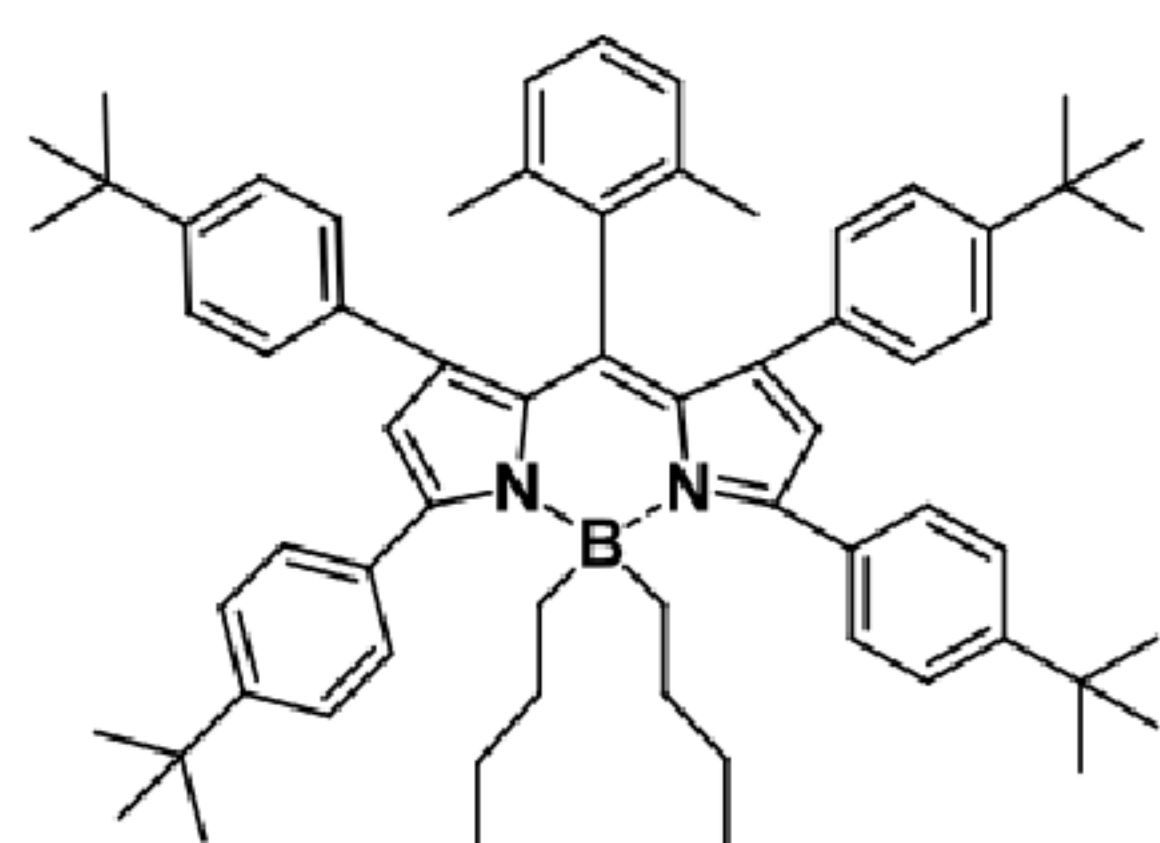
14-7



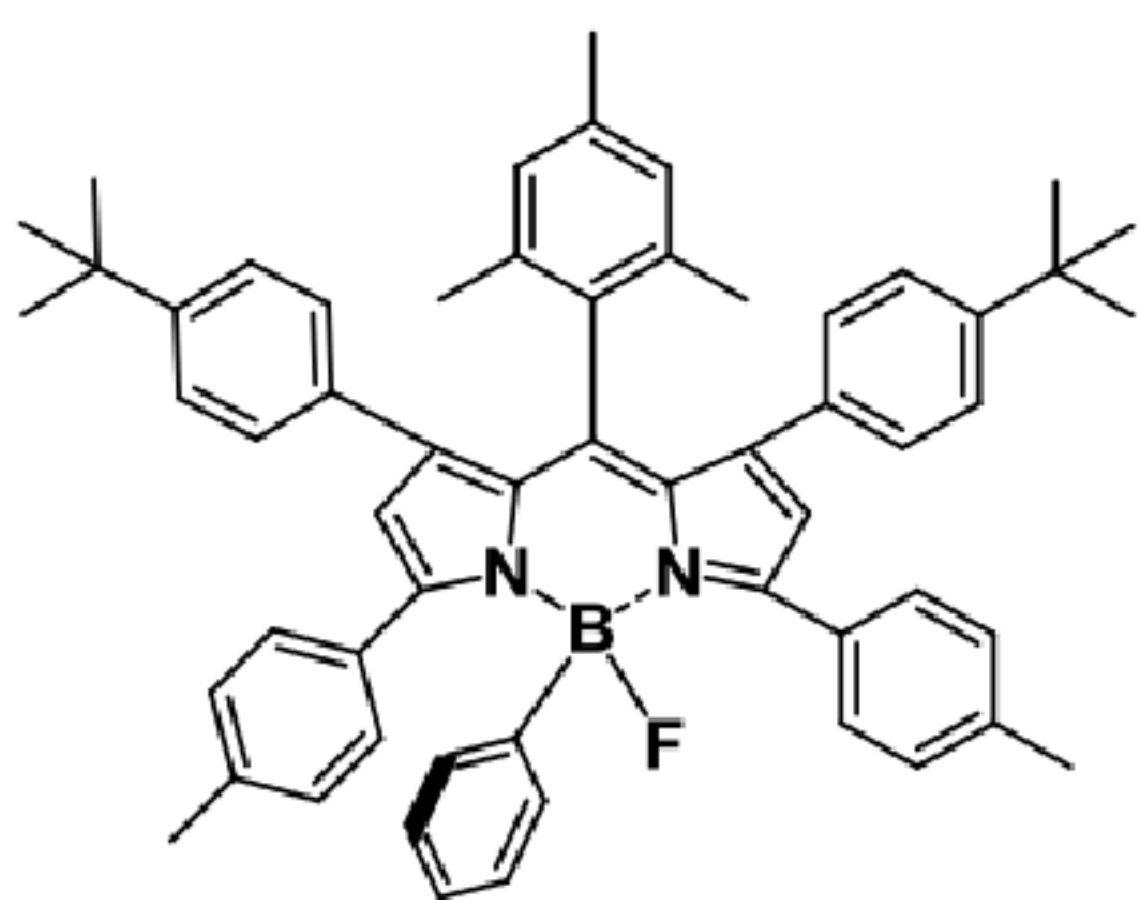
14-8



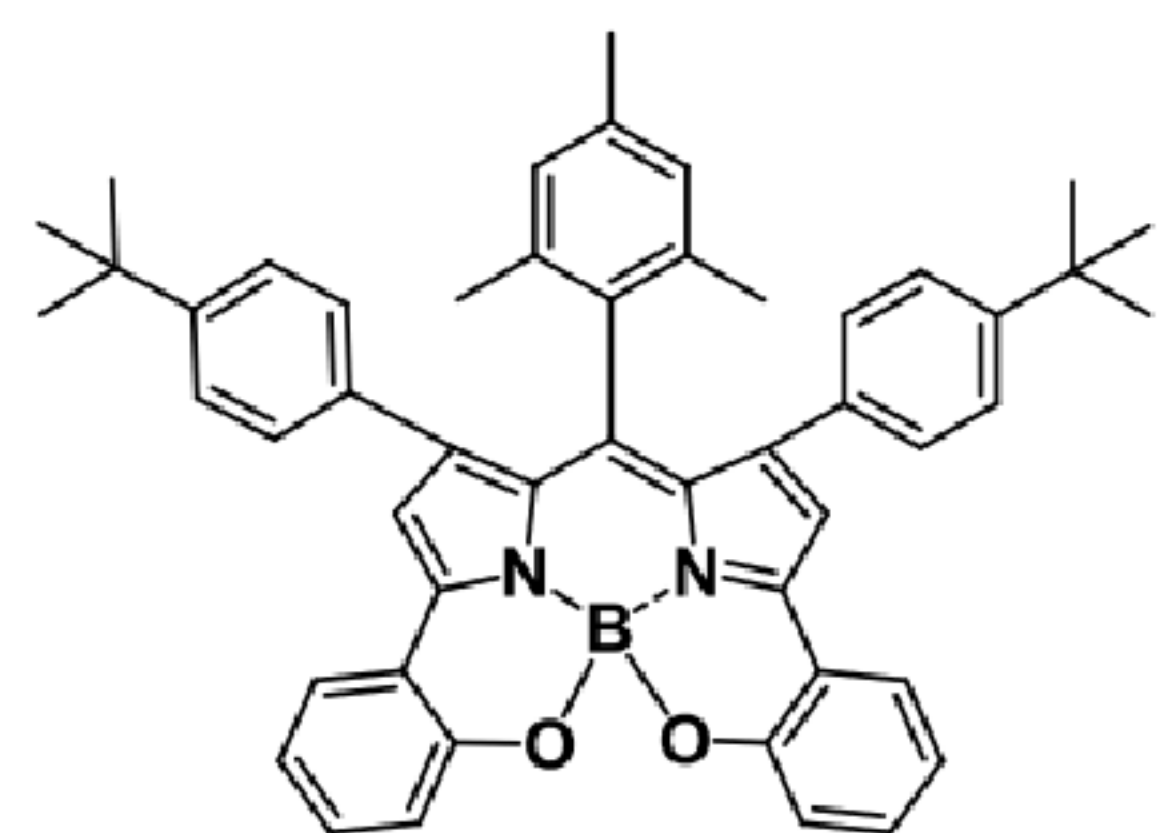
14-9



14-10

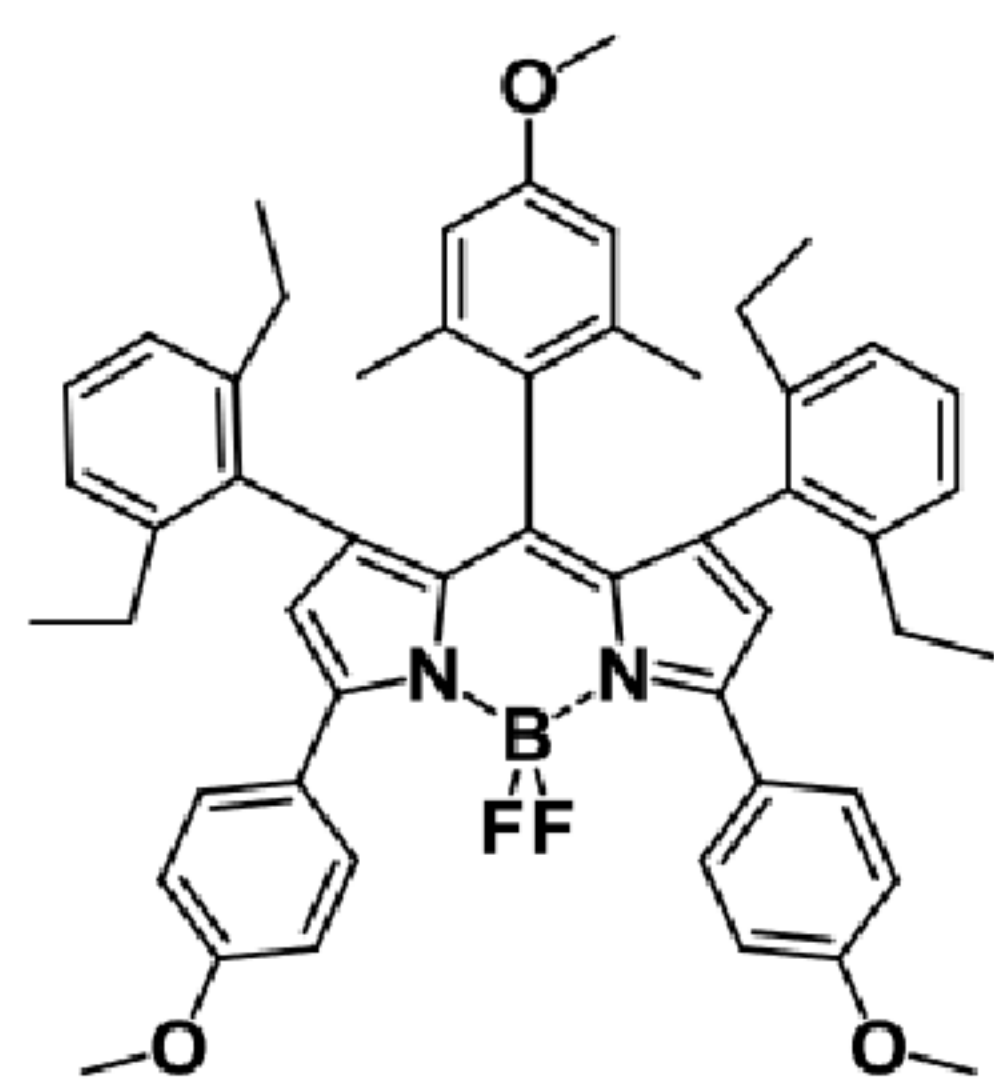


14-11

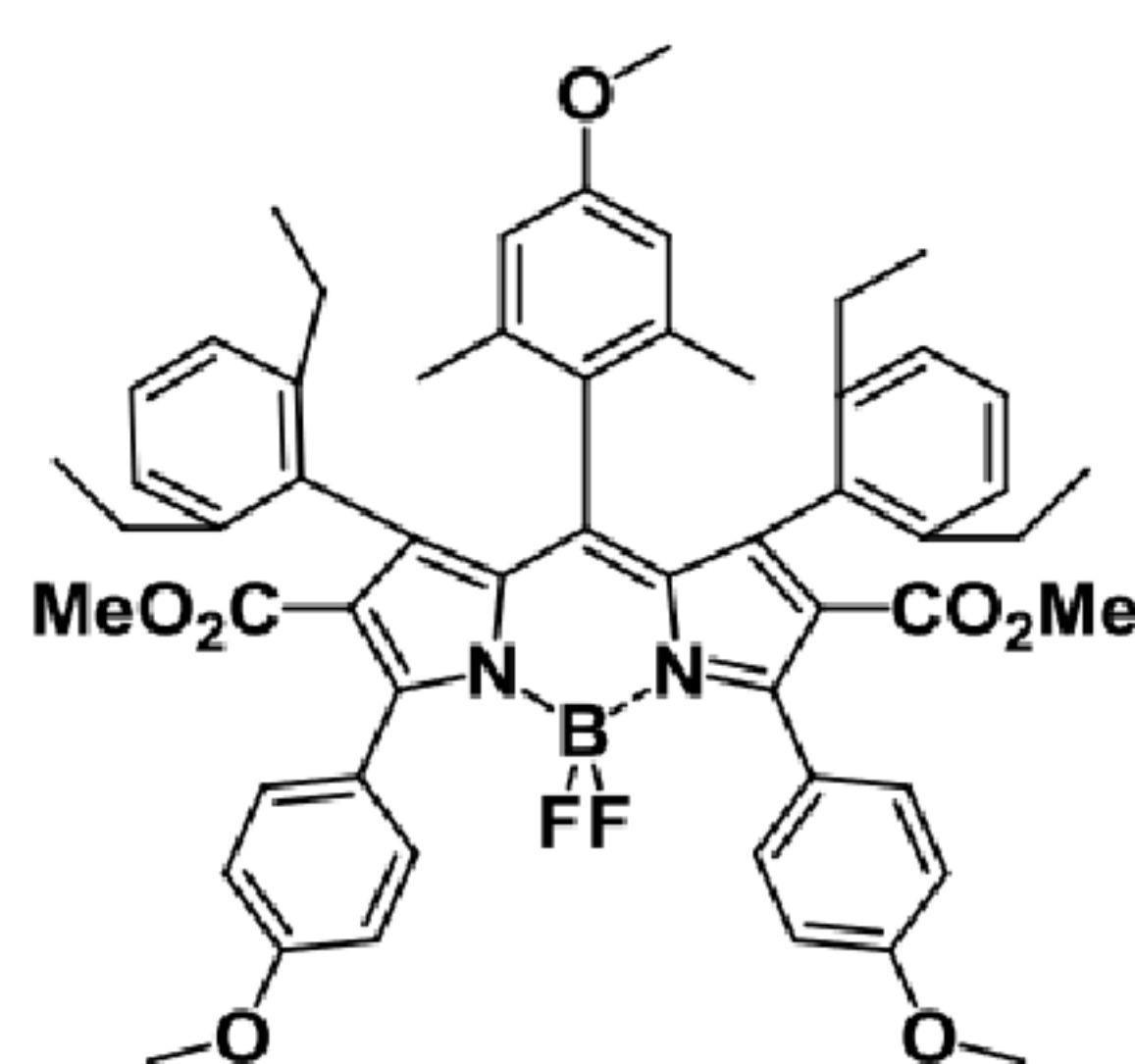


14-12

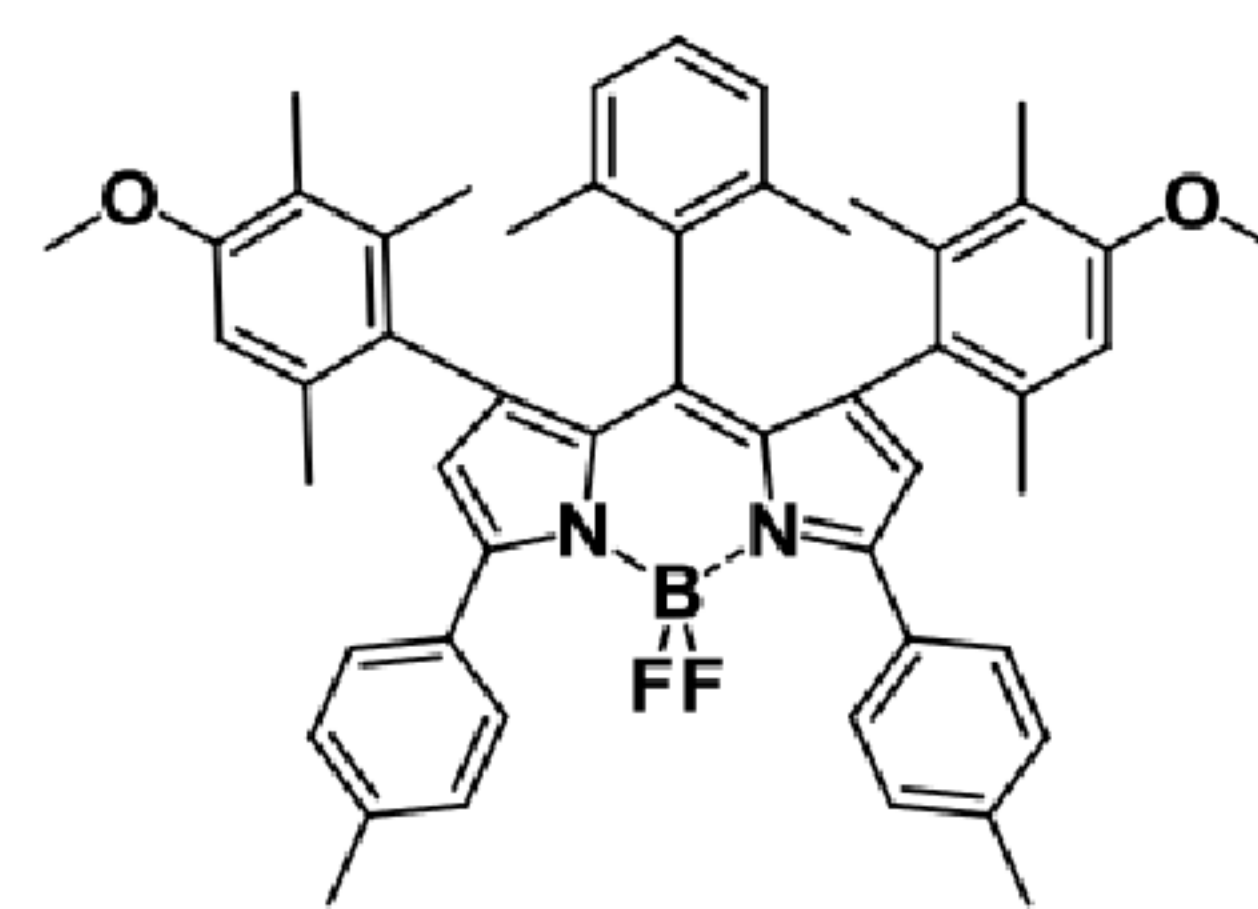
【0083】 [化 15]



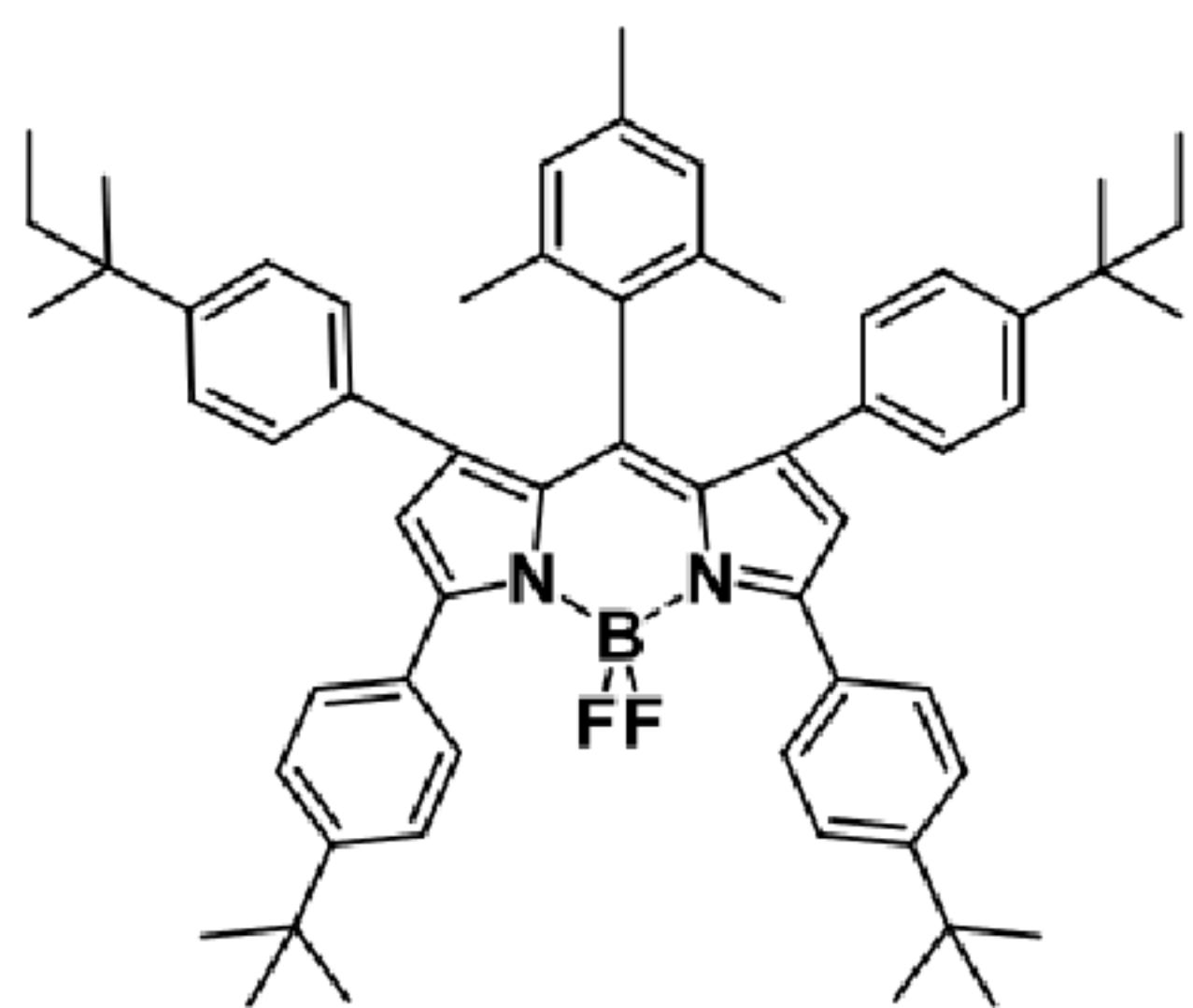
15-1



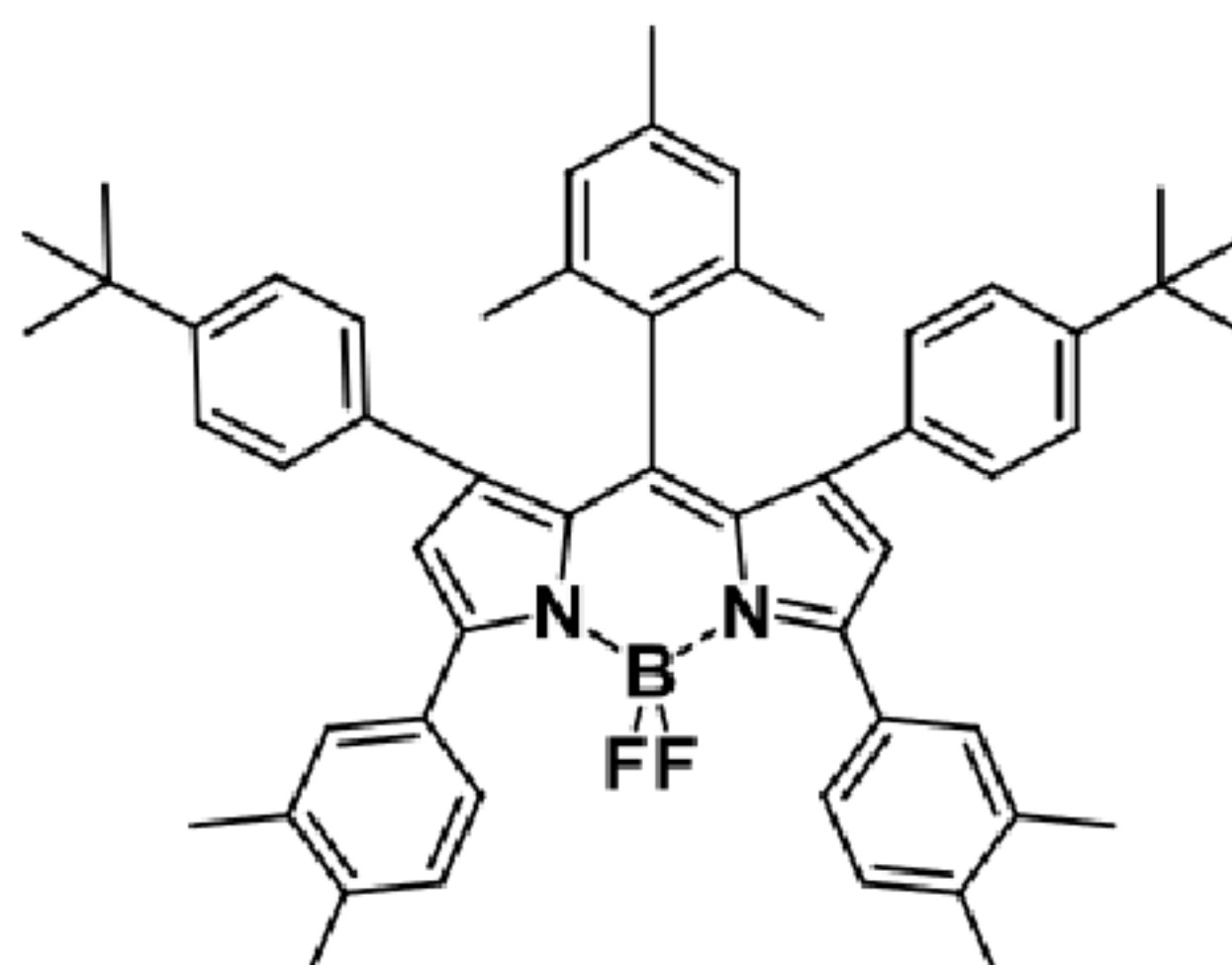
15-2



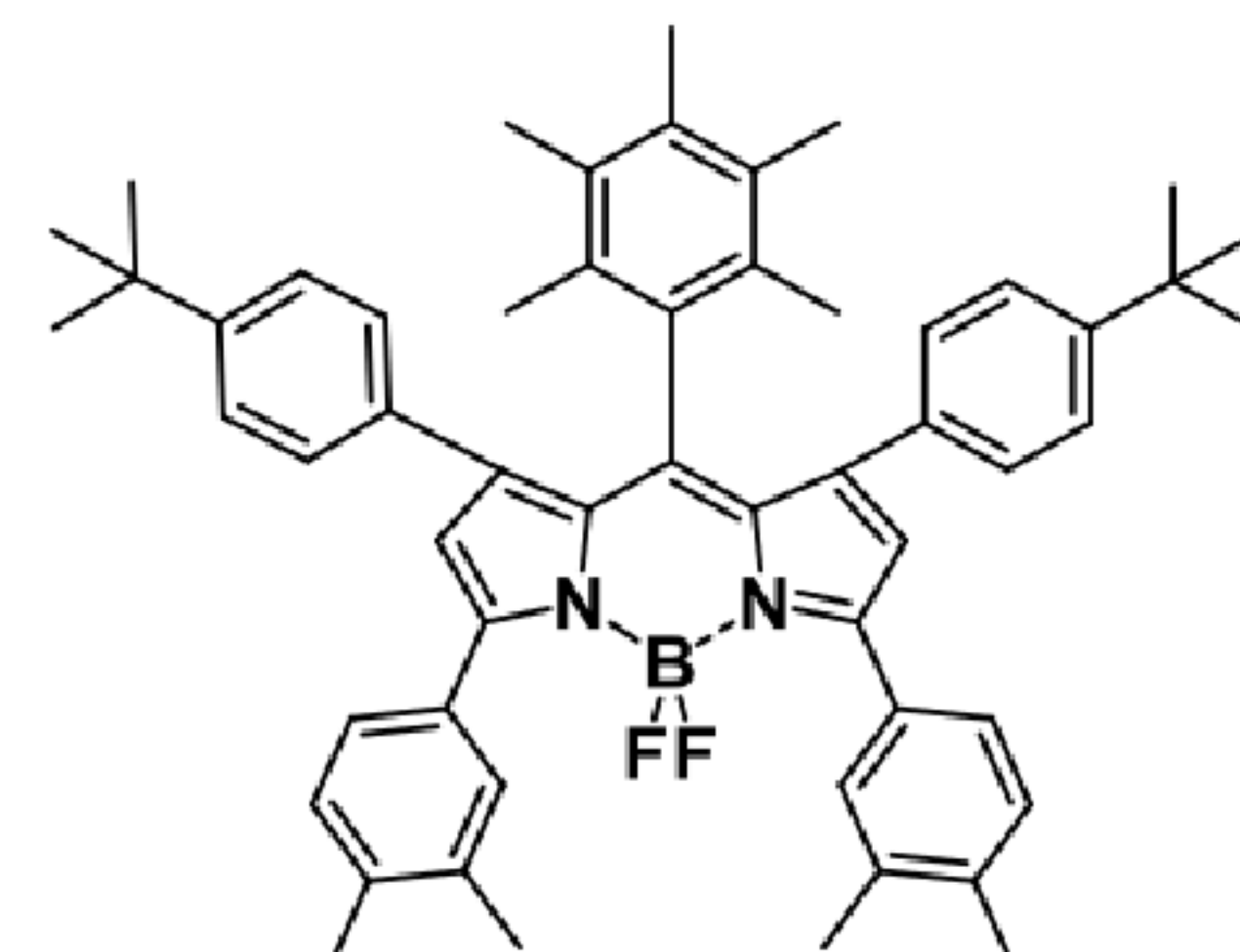
15-3



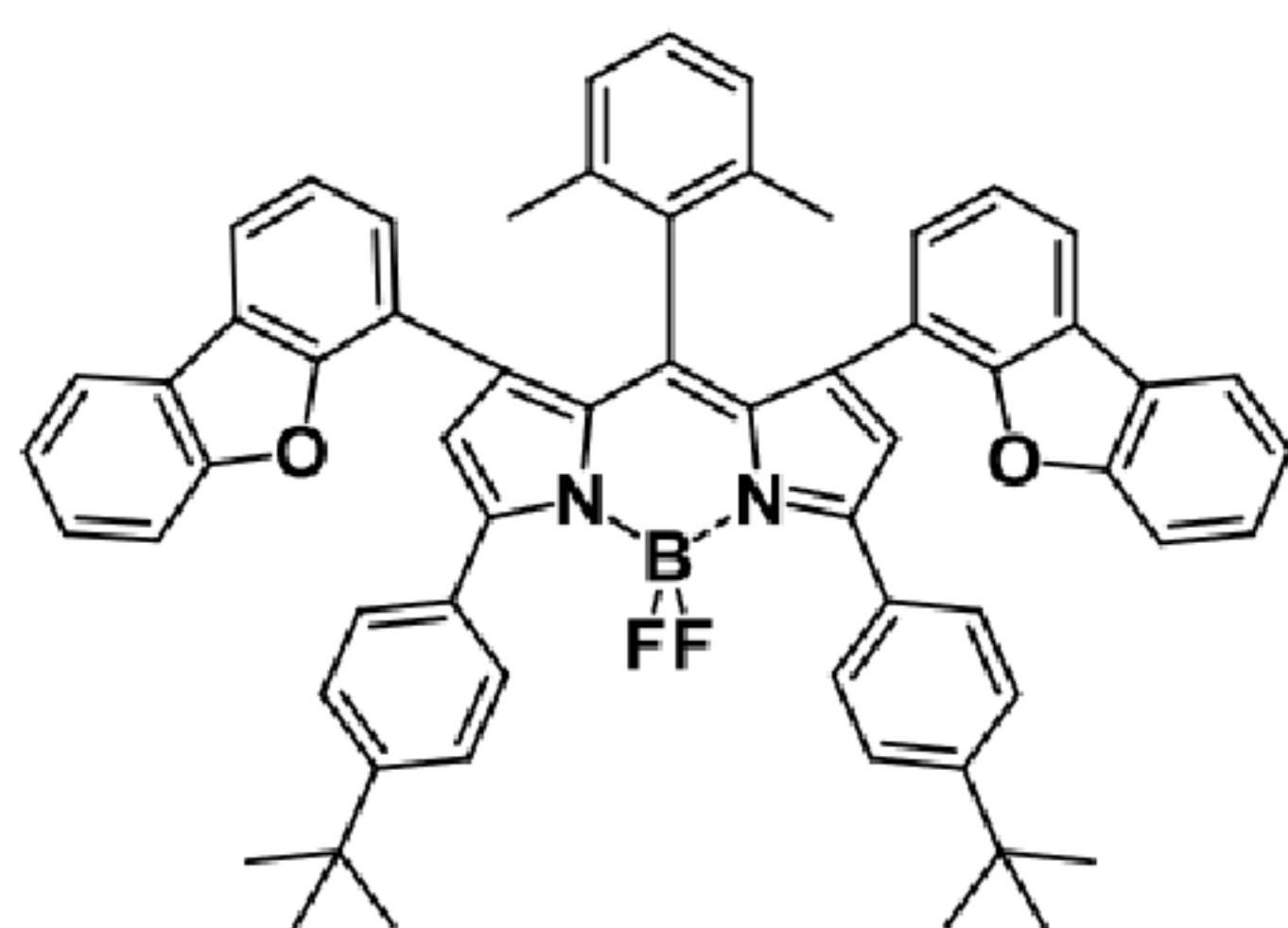
15-4



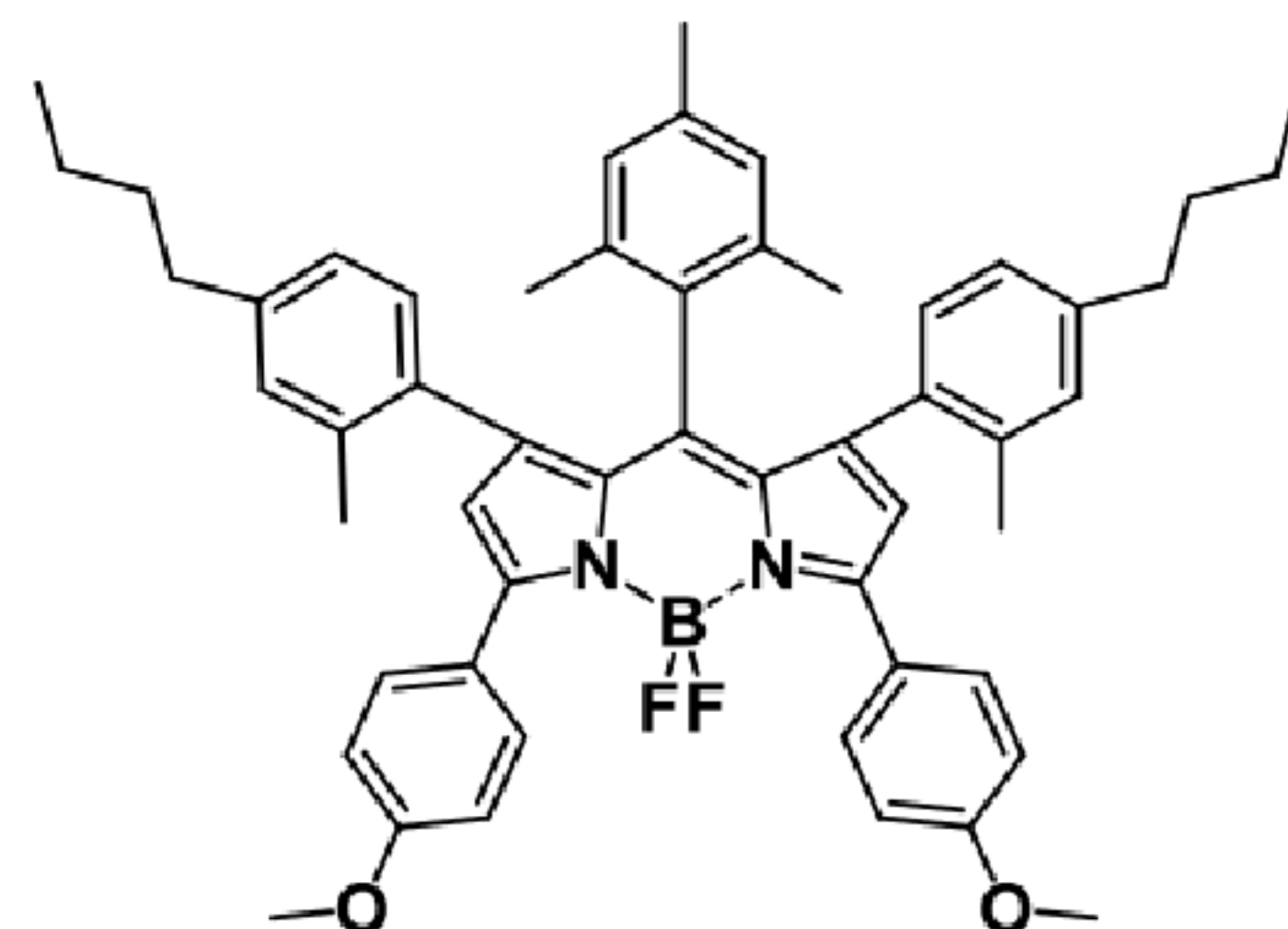
15-5



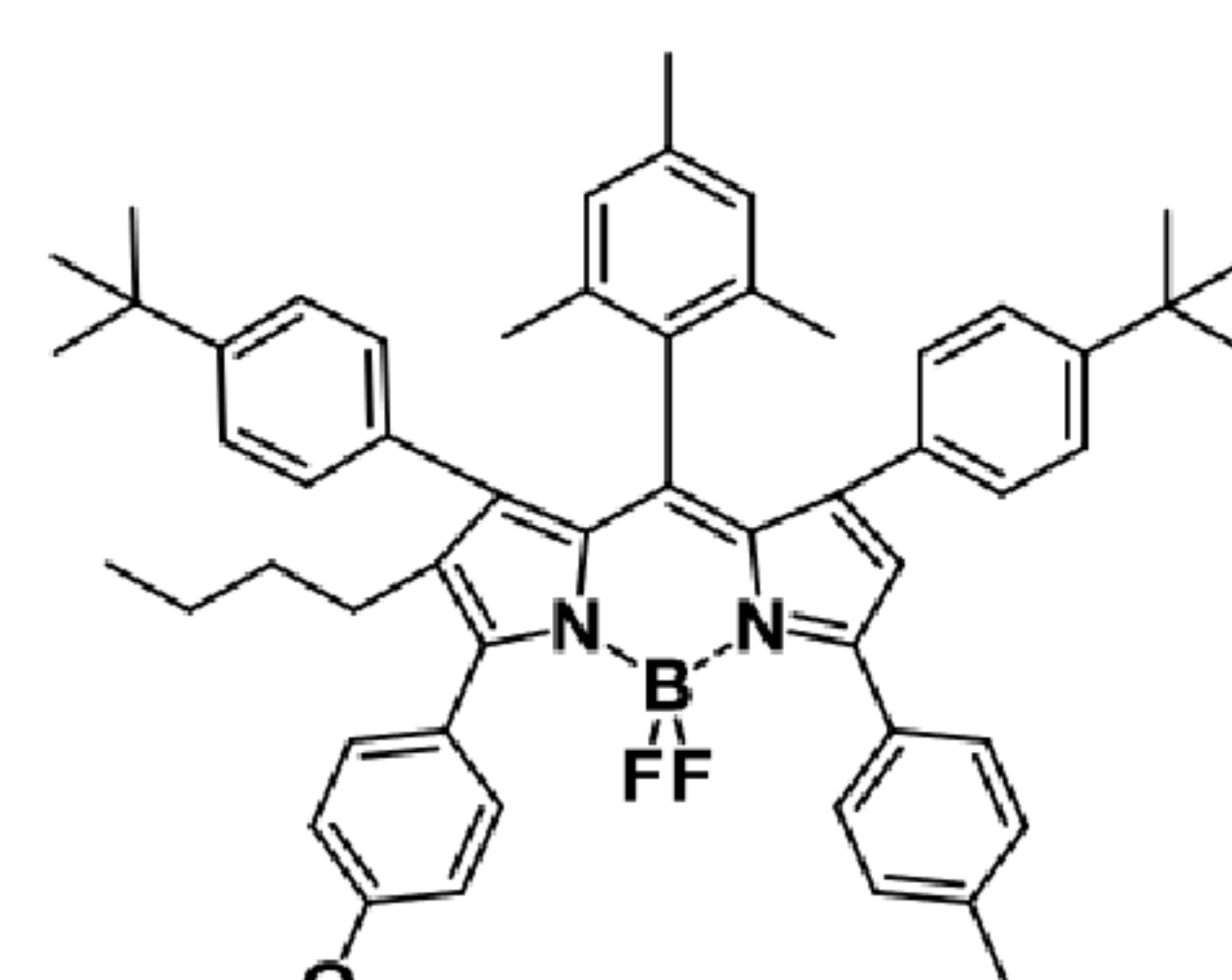
15-6



15-7



15-8



15-9

【0084】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物可參考「有機化學期刊（J. Org. Chem.）」（vol. 64, No. 21, 第 7813 頁-第 7819 頁（1999））、「應用化學英文國際版（Angew. Chem., Int. Ed. Engl.）」（vol. 36, 第 1333 頁-第 1335 頁（1997））、「有機快報（Org. Lett.）」（vol. 12, 第 296 頁（2010））等中所記載的方法來製造。

【0085】 進而，為了向吡咯亞甲基骨架中導入芳基或雜芳基，例如可列舉於鈹等金屬觸媒下使用吡咯亞甲基化合物的鹵化衍生物

與硼酸或硼酸酯衍生物的偶合反應而生成碳-碳鍵的方法，但並不限定於此。同樣地，為了向吡咯亞甲基骨架中導入胺基或呋唑基，例如可列舉於鈀等金屬觸媒下使用吡咯亞甲基化合物的鹵化衍生物與胺或呋唑衍生物的偶合反應而生成碳-氮鍵的方法，但並不限定於此。

【0086】 所得的吡咯亞甲基硼錯合物較佳為於進行再結晶或管柱層析等有機合成精製後，進一步藉由一般被稱為昇華精製的利用減壓加熱進行的精製來去除低沸點成分，提高純度。昇華精製中的加熱溫度並無特別限定，就防止吡咯亞甲基硼錯合物的熱分解的觀點而言，較佳為 330℃ 以下，更佳為 300℃ 以下。另外，就於蒸餾時容易管理蒸餾速率的觀點而言，較佳為 230℃ 以上，更佳為 250℃ 以上。

【0087】 就發光元件可顯示出穩定的特性的觀點而言，以所述方式製造的吡咯亞甲基硼錯合物的純度較佳為 99 重量%以上。

【0088】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的光學特性可藉由測定稀釋溶液的吸收光譜、發光光譜及螢光量子產率而獲得。作為溶媒，只要是溶解吡咯亞甲基硼錯合物且溶媒的吸收光譜與吡咯亞甲基硼錯合物的吸收光譜不重疊的透明溶媒，則並無特別限定，具體而言，可例示甲苯等。溶液的濃度若為具有充分的吸光度且不發生濃度淬滅的濃度範圍內，則並無特別限定，較佳為 1×10^{-4} mol/L $\sim$ 1×10^{-7} mol/L 的範圍，更佳為 1×10^{-5} mol/L $\sim$ 1×10^{-6} mol/L 的範圍。吸收光譜可藉由一般的紫外可見分光光度計

測定。另外，發光光譜可藉由一般的螢光分光光度計測定。進而，螢光量子產率的測定較佳為利用使用了積分球的絕對量子產率測定裝置。

【0089】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物較佳為藉由照射激發光而呈現於 580 nm 以上且 750 nm 以下的區域觀測到峰值波長的發光。以後，將於 580 nm 以上且 750 nm 以下的區域觀測到峰值波長的發光稱為「紅色的發光」。就擴大色域且提高顏色再現性的觀點而言，發光的峰值波長較佳為 600 nm 以上且 650 nm 以下的區域，更佳為 600 nm 以上且 640 nm 以下的區域。

【0090】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物較佳為藉由照射波長 430 nm 以上且 600 nm 以下的範圍的激發光而呈現紅色的發光。於將通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物用作發光元件的摻雜劑材料的情況下，藉由吸收來自主體材料的發光，吡咯亞甲基硼錯合物發出紅光。一般的主體材料於波長 430 nm 以上且 600 nm 以下的範圍內具有發光，因此若可藉由所述波長範圍的激發光顯示紅色的發光，則有助於發光元件的高效率化。

【0091】 為了實現高顏色純度，通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物藉由激發光的照射而發出的光較佳為發光光譜尖銳。另外，於顯示裝置或照明裝置中成為主流的頂部發光元件中，藉由微腔（microcavity）結構所帶來的共振效果，可達成高亮度及高顏色純度，若發光材料的發光光譜尖銳，則更強烈地表現出該共振效果，有利於高效率化。就該觀點而言，發光光譜的半值寬度

較佳為 60 nm 以下，更佳為 50 nm 以下，進而佳為 45 nm 以下。

【0092】發光元件的發光效率依賴於發光材料的螢光量子產率。因此，於在稀釋溶液中進行測定的情況下，理想的是盡可能接近 100%的螢光量子產率。關於通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物，藉由 R^1 、 R^2 、 Ar^1 及 Ar^2 為如上所述，抑制中位的旋轉、振動，減少熱失活，藉此可獲得高螢光量子產率。就以上觀點而言，吡咯亞甲基硼錯合物的螢光量子產率較佳為 90%以上，更佳為 95%以上。其中，此處所示的螢光量子產率是利用絕對量子產率測定裝置測定以甲苯為溶媒的稀釋溶液而得者。

【0093】假定通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物於發光元件中以薄膜形式使用、特別是作為摻雜劑使用。因此，較佳為評價摻雜了通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的薄膜（以下，設為摻雜薄膜）的光學特性。

【0094】對摻雜薄膜的形成方法進行說明。摻雜薄膜形成於在可見光區域無吸收的透明基板上。作為此種透明基板，可例示石英玻璃板。於所述基板上共蒸鍍矩陣材料與通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物而形成薄膜。此處，作為矩陣材料，可使用無激發光的吸收的寬能隙（band gap）材料，具體而言可例示 3,3'-二(N-咔唑基)聯苯（mCBP）。此時，通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的摻雜濃度較佳為與實際用於發光元件中時的摻雜濃度相同，較佳為自 0.1 重量%~20 重量%的範圍內選擇。摻雜薄膜的膜厚只要充分吸收激發光且容易製造，則並無特別限定，較佳為 100

nm~1000 nm 的範圍內。另外，亦可於形成摻雜薄膜後利用透明密封樹脂密封。

【0095】 關於來自摻雜薄膜的發光波長，一般觀察到與溶液狀態相同或更長的波長的傾向。因此，包含通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的摻雜薄膜的發光峰值波長較佳為 580 nm 以上且 750 nm 以下的區域，更佳為 600 nm 以上且 660 nm 以下的區域，進而佳為 600 nm 以上且 650 nm 以下的區域。

【0096】 關於摻雜薄膜的發光光譜的半值寬度，一般觀察到與溶液狀態相同或更大的傾向。因此，包含通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的摻雜薄膜的發光光譜的半值寬度較佳為 70 nm 以下，更佳為 60 nm 以下，進而佳為 50 nm 以下。

【0097】 摻雜薄膜的螢光量子產率由於受摻雜薄膜的形成狀態、與矩陣材料的組合及激發光波長等的影響而變動，因此難以利用絕對值進行比較。因此，較佳為於某一定條件下測定各材料的摻雜薄膜的螢光量子產率，並根據它們的相對比較進行評價。若使用該評價方法並使摻雜濃度一定來進行比較，則包含通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的摻雜薄膜可獲得比先前的包含吡咯亞甲基硼錯合物的摻雜薄膜更高的螢光量子產率。

【0098】 一般，已知於摻雜劑的濃度變高時，由於分子間相互作用而發生濃度淬滅。因此，於摻雜薄膜中，亦觀察到隨著摻雜濃度變高螢光量子產率變低的負相關。於螢光量子產率與摻雜濃度的負相關大時，於發光元件的製造中摻雜濃度的允許範圍變小，

因此不利。通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物由於中位的取代基或 Ar^1 及 Ar^2 引起的立體阻礙的影響，分子的凝聚受到抑制，並且由於吡咯亞甲基硼錯合物自身的螢光量子產率高，故即使發生發光自吸收，無輻射去活化亦小，因此於包含所述吡咯亞甲基硼錯合物的摻雜薄膜中，難以發生濃度淬滅，因此可減小螢光量子產率與摻雜濃度的負相關，即可減小摻雜濃度依賴性。

【0099】 另外，藉由調查摻雜薄膜的發光光譜的角度依賴性，可測定分子取向性。由於來自摻雜劑分子自身的發光具有角度依賴性，因此於摻雜薄膜中，與摻雜劑分子存在於隨機的方向的情況相比，於一定方向排列並存在、即、進行取向的情況下，朝向某一定角度的光的放射強度變強。若考慮具有此種摻雜薄膜的發光元件，則藉由使放射強度變強的角度與光輸出方向一致，可增多輸出至外部的光，元件的發光效率提高。特別是於利用共振效果的頂部發光元件中，光輸出方向受到限定，因此就提高發光效率的觀點而言，較佳為提高摻雜薄膜的分子取向性。如上所述，通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物由於中位的取代基與 Ar^1 及 Ar^2 之間的立體阻礙，各自的旋轉、振動受到抑制而採用剛直的結構，因此與柔軟結構的分子相比容易排列，可提高摻雜薄膜的分子取向性。

【0100】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的熱特性可藉由熱重量分析裝置（Thermogravimetric Analyzer，TGA）或示差掃描熱量測定裝置（Differential Scanning Calorimeter，DSC）進行

測定。為了能夠耐受減壓加熱精製（所謂的昇華精製）或蒸鍍時的熱負荷，通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物的分解溫度較佳為 300℃ 以上。另外，於該吡咯亞甲基硼錯合物具有熔點的情況下，該熔點可高於分解溫度，亦可低於分解溫度，為了穩定地進行減壓加熱精製，較佳為 250℃ 以上。

【0101】 <發光元件材料>

通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物可達成高發光效率，因此於發光元件中可用作發光元件材料。此處，所謂本發明中的發光元件材料表示發光元件的任一層中使用的材料，如後述般，除了為電洞注入層、電洞傳輸層、發光層及/或電子傳輸層中使用的材料以外，亦包括電極的保護膜層（覆蓋層）中使用的材料。

【0102】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物具有高發光性能，因此較佳為發光層中使用的材料。特別是於紅色區域顯示出強發光，因此可較佳地用作紅色發光材料。

【0103】 本發明的發光元件材料可由通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物單獨構成，亦可構成為所述吡咯亞甲基硼錯合物與其他多種化合物的混合物，就可穩定地製造發光元件的觀點而言，較佳為由通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物單獨構成。此處，所謂通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物單獨，是指所述化合物含有 99 重量%以上。

【0104】 <發光元件>

其次，對本發明的發光元件的實施形態進行說明。本發明的

發光元件包括陽極與陰極以及位於該陽極與該陰極之間的一個以上的有機層，該有機層的至少一個為發光層，該發光層較佳為藉由電能來發光的有機電場發光元件。

【0105】 本發明的發光元件可為底部發光型或頂部發光型中的任一種。

【0106】 此種發光元件中的陽極與陰極之間的層結構除了僅包含發光層的結構以外，可列舉如 1) 發光層/電子傳輸層、2) 電洞傳輸層/發光層、3) 電洞傳輸層/發光層/電子傳輸層、4) 電洞注入層/電洞傳輸層/發光層/電子傳輸層、5) 電洞傳輸層/發光層/電子傳輸層/電子注入層、6) 電洞注入層/電洞傳輸層/發光層/電子傳輸層/電子注入層、7) 電洞注入層/電洞傳輸層/發光層/電洞阻擋層/電子傳輸層/電子注入層、8) 電洞注入層/電洞傳輸層/電子阻擋層/發光層/電洞阻擋層/電子傳輸層/電子注入層般的積層結構。

【0107】 進而，亦可為經由中間層而將多個所述積層結構積層而成的串聯 (tandem) 型的發光元件。所謂串聯型的發光元件，是指於陽極與陰極之間具有至少兩個以上的發光層的發光元件。較佳為於兩個以上的發光層之間具有至少一層以上的電荷產生層。於發光元件具有兩個以上的發光層的情況下，通式 (1) 所表示的吡咯亞甲基硼錯合物包含在其中至少一個發光層中。即，通式 (1) 所表示的吡咯亞甲基硼錯合物可包含在全部的發光層中，另外亦可僅包含在一部分的發光層中。串聯型發光元件藉由具有多個發光層，可以低電流達成高亮度，因此具有高效率、長壽命的特徵。

另外，包含 R、G、B 三種顏色的發光層的串聯型發光元件成為高效率的白色光元件，主要用於電視機或照明領域。所述方式與 RGB 塗抹方式的發光元件相比，亦具有可簡化步驟的優點。作為中間層，一般可列舉中間電極、中間導電層、電荷產生層、電子汲取層、連接層、中間絕緣層等，可使用公知的材料結構。作為中間層，較佳為具有至少一層以上的電荷產生層。作為串聯型的較佳的具體例，可列舉如 9) 電洞注入層/電洞傳輸層/發光層/電子傳輸層/電子注入層/電荷產生層/電洞注入層/電洞傳輸層/發光層/電子傳輸層/電子注入層般的中間層為電荷產生層的積層結構。作為此種構成中間層的材料，具體而言可較佳地使用吡啶衍生物或啡啉衍生物。

【0108】 另外，所述各層可分別為單一層、多層的任一種，亦可摻雜。進而，亦可列舉如下的元件結構，所述元件結構包括陽極、一層以上的包含發光層的有機層及陰極，進而包括使用了覆蓋材料的層，所述覆蓋材料用來實現因光學干涉效果而使發光效率提高。

【0109】 本發明的發光元件較佳為頂部發光型的有機電場發光元件。於頂部發光型的有機電場發光元件的情況下，陽極較佳為反射來自發光層的光的金屬電極、即反射電極。另外，陽極可構成反射電極層與透明電極層的積層結構。於為反射電極層與透明電極層的積層結構的情況下，為了控制自發光元件輸出的發光波長，亦可使反射電極層上的透明電極層的膜厚變化。於在陽極上

適當地積層有機層後，於陰極中使用例如製成薄膜的半透明的銀等作為半透明電極，藉此可於有機電場發光元件中導入一部分的光反射而於元件內共振的微腔結構。若以該方式於有機電場發光元件中導入微腔結構，則與有機電場發光元件不具有微腔結構的情況相比，自有機層發出、經過陰極而射出的光的光譜由於共振效果變得更陡峭，且朝向正面的射出強度大大增加。於此種頂部發光型的元件中，若由於微腔效果發光材料的發光光譜尖銳，則可進一步提高發光效率。於將此種發光元件用於顯示器的情況下，可有助於色域提高及亮度提高。

【0110】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物於所述元件結構中可用於任一層，但由於螢光量子產率高且具有薄膜穩定性，因此較佳為用於發光層中。

【0111】 以下列舉發光元件的結構的具體例，但本發明的結構並不限定於該些。

【0112】 （基板）

為了保持發光元件的機械強度，使熱變形少，且具有防止水蒸氣或氧侵入發光層的阻隔性，較佳為於基板上形成發光元件。作為基板，並無特別限定，例如可列舉玻璃板、陶瓷板、樹脂製膜、樹脂薄膜、金屬製薄板等。其中，就透明且容易加工的觀點而言，可較佳地使用玻璃基板，特別是於經過基板輸出光的底部發光元件中，較佳為具有高透明性的玻璃基板。另外，主要於智慧型手機等移動設備中增加了可撓性顯示器或折疊式顯示器，於

所述用途中，可較佳地使用樹脂製膜或使清漆硬化後的樹脂薄膜。作為樹脂製薄膜，可使用耐熱膜，具體而言，可例示聚醯亞胺膜、聚萘二甲酸乙二酯膜等。

【0113】 另外，亦可於基板的表面設置用於驅動有機 EL 的各種配線、電路以及基於 TFT 的開關元件。

【0114】 （陽極）

陽極形成於所述基板上。此處，亦可於基板與陽極之間介隔存在有各種配線、電路及開關元件。陽極中所使用的材料只要為可將電洞效率良好地注入至有機層中的材料，則並無特別限定，於底部發光型的元件中較佳為透明或半透明電極，於頂部發光型的元件中較佳為反射電極。

【0115】 作為透明或半透明電極的材質，可例示氧化鋅、氧化錫、氧化銦、氧化銦錫（Indium Tin Oxide，ITO）、氧化銦鋅（Indium Zinc Oxide，IZO）等導電性金屬氧化物；金、銀、鋁、鉻等金屬；聚噻吩、聚吡咯、聚苯胺等導電性聚合物。其中，於使用金屬時，較佳為使膜厚變薄，以便可使光半透過。以上中，就透明性與穩定性的觀點而言，更佳為氧化銦錫（ITO）。

【0116】 作為反射電極的材質，以對所有的光無吸收而具有高反射率的材質為宜，具體而言，可例示鋁、銀、鉑等金屬。

【0117】 陽極的形成方法可根據其形成材料採用最佳的方法，可列舉濺鍍法、蒸鍍法、噴墨法等。例如，於由金屬氧化物形成陽極的情況下可使用濺鍍法，於由金屬形成陽極的情況下可使用蒸

鍍法。陽極的膜厚並無特別限定，較佳為數 nm～數百 nm。

【0118】 另外，該些電極材料可單獨使用，但亦可將多種材料積層或混合來使用。

【0119】 （陰極）

陰極夾著有機層而形成於陽極的相反側的表面，特別是較佳為形成於電子傳輸層或電子注入層表面。陰極中所使用的材料只要為可將電子效率良好地注入至發光層中的材料，則並無特別限定，於底部發光型的元件中較佳為反射電極，於頂部發光型的元件中較佳為半透明電極。

【0120】 一般而言，較佳為鉑、金、銀、銅、鐵、錫、鋁、銦等金屬；該些金屬與鋰、鈉、鉀、鈣、鎂等低功函數金屬的合金或多層積層膜；氧化鋅、氧化銦錫（ITO）、氧化銦鋅（IZO）等導電性金屬氧化物等。其中，就電阻值或製膜容易度、膜的穩定性、發光效率等方面而言，較佳為以鋁、銀或鎂為主成分。另外，若陰極包含鎂與銀，則對本發明中的電子傳輸層及電子注入層的電子注入變得容易，可進行低電壓驅動，因此較佳。陰極的膜厚並無特別限定，於為反射電極的情況下，較佳為 50 nm～200 nm，於半透明電極的情況下，較佳為 5 nm～50 nm。

【0121】 （保護層）

為了保護陰極，較佳為於陰極上積層保護層（覆蓋層）。作為構成保護層的材料，並無特別限定，例如可列舉：鉑、金、銀、銅、鐵、錫、鋁及銦等金屬；使用該些金屬的合金；二氧化矽、

氧化鈦、氧化鋁、氧化鉬、氧化鋅、氧化銻、氧化釷、氧化鎢、
氧化硒、氧化銮、氧化錫、氧化鉛、氧化鐳、氧化鏷、氧化釷、
氧化鈾、氧化鎂、碲化鋅、硫化鋅、碳化矽、氮化鎵及氮化矽等
無機物；如氟化鋰、氟化鈣、氟化鈉、氟化鋁、氟化鎂、氟化鋇、
氟化鐳、氟化釷、氟化鐳、氟化釷、氟化釷、氟化釷、氟化釷般
的金屬氟化物；聚乙烯醇、聚氯乙烯、烴系高分子化合物等有機
高分子化合物；芳基胺衍生物、呋啞衍生物、苯並咪啞衍生物、
三啞衍生物及硼錯合物等低分子有機化合物等。其中，於發光元
件為自陰極側輸出光的元件結構（頂部發光結構）的情況下，保
護層中所使用的材料選自於可見光區域具有透光性的材料中。此
時，就提高光輸出效率的觀點而言，保護層較佳為一個以上的高
折射率層與一個以上的低折射率層的積層結構。此處，高折射率
層較佳為包含選自由芳基胺衍生物、呋啞衍生物、苯並咪啞衍生
物、三啞衍生物等低分子有機化合物、以及二氧化矽、氧化鈦、
氧化鋁、氧化鉬、氧化鋅、氧化銻、氧化釷、氧化鎢、氧化硒、
氧化銮、氧化錫、氧化鉛、氧化鐳、氧化鏷、氧化釷、氧化釷、
氧化釷、氧化鎂、碲化鋅、硫化鋅、碳化矽、氮化鎵、氮化矽等無機物所
組成的群組中的至少一種材料。另外，低折射率層較佳為包含選
自由硼錯合物、以及如氟化鋰、氟化鈣、氟化鈉、氟化鋁、氟化
鎂、氟化鋇、氟化鐳、氟化釷、氟化鐳、氟化釷、氟化釷、氟化
釷、氟化釷般的金屬氟化物所組成的群組中的至少一種材料。

【0122】（電洞注入層）

電洞注入層是插入至陽極與電洞傳輸層之間而使電洞注入容易的層。電洞注入層可為一層，亦可將多層積層。若於電洞傳輸層與陽極之間存在電洞注入層，則以更低的電壓驅動，耐久壽命亦提高，不僅如此，進而元件的載子平衡提高，發光效率亦提高，因此較佳。

【0123】 作為電洞注入材料的較佳的一例，可列舉供電子性電洞注入材料（施體材料）。該些材料由於最高佔用分子軌道（Highest Occupied Molecular Orbital，HOMO）能級比電洞傳輸層淺，且接近陽極的功函數，因此是可減小與陽極的能量障壁的材料。具體而言，可例示：聯苯胺衍生物、4,4',4''-三(3-甲基苯基(苯基)胺基)三苯基胺（4,4',4''-tris(3-methylphenyl(phenyl)amino)triphenylamine，m-MTDATA）、4,4',4''-三(1-萘基(苯基)胺基)三苯基胺（4,4',4''-tris(1-naphthyl(phenyl)amino)triphenylamine，1-TNATA）等星爆狀（starburst）芳基胺等芳香族胺系材料群組；呋嗪衍生物、吡嗪啉衍生物、二苯乙烯系化合物、脲系化合物、苯並呋喃衍生物、噻吩衍生物、噁二唑衍生物、酞菁衍生物、卟啉衍生物等雜環化合物；聚合物系中於側鏈具有所述單量體的聚碳酸酯或苯乙烯衍生物、如聚-3,4-伸乙二氧基噻吩（Poly-3,4-Ethylenedioxythiophene，PEDOT）/聚苯硫醚（Polyphenylene sulfide，PPS）般的聚噻吩、聚苯胺、聚芴、聚乙烯基呋嗪及聚矽烷等。其中，就具有較電洞傳輸層中使用的化合物更淺的 HOMO

能級、自陽極向電洞傳輸層順利地注入傳輸電洞的觀點而言，可更佳地使用聯苯胺衍生物或星爆狀芳基胺系材料群組。該些材料可單獨使用，亦可混合使用兩種以上的材料。另外，亦可積層多種材料而作為電洞注入層。

【0124】 另外，作為電洞注入材料的另一較佳的一例，可列舉電子接受性電洞注入材料（受體材料）。此處，電洞注入層可由受體材料單獨構成，亦可將受體材料摻雜至所述施體材料中使用。受體材料是如下材料：於單獨使用時在與鄰接的電洞傳輸層之間形成電荷遷移錯合物，另外於摻雜至施體材料中使用時在與施體材料之間形成電荷遷移錯合物。若使用此種材料，則可獲得電洞注入層的導電性提高、以及有助於元件的驅動電壓降低、發光效率的提高、耐久壽命提高等效果，因此更佳。作為受體材料，可例示：如氯化鐵（III）、氯化鋁、氯化鎵、氯化銦、氯化銻般的金屬氯化物；如氧化鋁、氧化釩、氧化鎢、氧化釷般的金屬氧化物；如三（4-溴苯基）六氯銻酸銨（Tris(4-bromophenyl)Aminium hexachloroantimonate，TBPAH）般的電荷遷移錯合物；如1,4,5,8,9,11-六氮雜聯三伸苯-六甲腈（1,4,5,8,9,11-hexaazatriphenylene-hexacarbonitrile，HAT-CN6）、2,3,5,6-四氟-7,7,8,8-四氰基醌二甲烷（2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane，F4-TCNQ）、氟化銅酞菁、四氰基醌二甲烷衍生物、軸烯（radialene）衍生物般於分子內具有硝基、氰基、鹵素或三氟甲基的有機化合

物；醌系化合物、酸酐系化合物、富勒烯等。該些化合物中，金屬氧化物或含氰基的化合物由於容易操作，且亦容易蒸鍍，故可容易地獲得所述效果，因此較佳，尤佳為 1,4,5,8,9,11-六氮雜聯三伸苯-六甲腈（HAT-CN6）或(2E,2'E,2''E)-2,2',2''-(環丙烷-1,2,3-三亞基)三(2-(全氟苯基)-乙腈)、(2E,2'E,2''E)-2,2',2''-(環丙烷-1,2,3-三亞基)三(2-(4-氰基全氟苯基)-乙腈)等軸烯衍生物。於電洞注入層由受體性化合物單獨構成的情況、或於電洞注入層中摻雜受體性化合物的情況的任一情況下，電洞注入層可為一層，亦可將多個層積層而構成。

【0125】（電洞傳輸層）

電洞傳輸層是將自陽極注入的電洞傳輸至發光層的層。電洞傳輸層可為一層，亦可將多層積層而構成，任一者均可。

【0126】 電洞傳輸層由一種電洞傳輸材料單獨形成或者藉由將兩種以上的電洞傳輸材料積層或混合而形成。另外，電洞傳輸材料較佳為電洞注入效率高且效率良好地傳輸所注入的電洞。因此，要求電洞傳輸材料為如下的物質：具有適當的游離電位（ionization potential），而且電洞遷移率大，進而穩定性優異，難以產生成為陷阱的雜質。

【0127】 作為滿足此種條件的物質，並無特別限定，例如可列舉：聯苯胺衍生物；被稱為星爆狀芳基胺的芳香族胺系材料群組；呋唑衍生物、吡唑啉衍生物、二苯乙烯系化合物、腈系化合物、苯並呋喃衍生物、二苯並呋喃衍生物、噻吩衍生物、苯並噻吩衍

生物、二苯並噻吩衍生物、芴衍生物、螺芴衍生物、噁二唑衍生物、酞菁衍生物、卟吩衍生物等雜環化合物；聚合物系中於側鏈具有所述單量體的聚碳酸酯或苯乙烯衍生物、聚噻吩、聚苯胺、聚芴、聚乙烯基吡啶及聚矽烷等。

【0128】 本發明中的電洞傳輸層中亦包括可效率良好地阻擋電子的遷移的電子阻擋層作為相同含義者。電子阻擋層設置於電洞傳輸層與發光層之間。電子阻擋層及電洞傳輸層可為單獨的層，亦可積層多種材料而構成。

【0129】 （發光層）

發光層是藉由因電洞與電子的再結合而產生的激發能量而發光的層。發光層可由單一的材料構成，就顏色純度的觀點而言，較佳為具有第一化合物、以及顯示出強發光的摻雜劑、即、第二化合物。作為第一化合物，例如可列舉承擔電荷遷移的主體材料、或者熱活化延遲螢光材料作為較佳例。

【0130】 通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物具有特別優異的螢光量子產率且發光光譜的半值寬度窄，可達成高顏色純度，因此較佳為作為發光層的摻雜劑、即、第二化合物使用。第二化合物的摻雜量若過多則會發生濃度淬滅現象，因此相對於發光層整體的重量，較佳為使用 20 重量%以下，更佳為 10 重量%以下，進而佳為 5 重量%以下，最佳為 2 重量%以下。另外，若摻雜濃度過低，則不易發生充分的能量遷移，因此相對於發光層整體的重量，較佳為使用 0.1 重量%以上，更佳為 0.5 重量%以上。

【0131】發光層亦可含有第一化合物及第二化合物以外的化合物作為發光材料（主體材料或摻雜劑材料）。將此種化合物稱為其他發光材料。

【0132】主體材料可為一種化合物，亦可混合使用兩種以上，另外，亦可積層使用。作為主體材料，並無特別限定，可使用蔡、芘、蒽、熒蒽等具有縮合芳基環的化合物或其衍生物；N,N'-二蔡基-N,N'-二苯基-4,4'-二苯基-1,1'-二胺等芳香族胺衍生物；以三(8-羥基喹啉)鋁(III)為代表的金屬螯合化類𪔐辛(oxinoid)化合物；二苯乙烯基苯衍生物等雙苯乙烯基衍生物，四苯基丁二烯衍生物，茛衍生物，香豆素衍生物，噁二唑衍生物，吡咯並吡啶衍生物，紫環酮衍生物，吡咯並吡咯衍生物，噻二唑並吡啶衍生物，二苯並呋喃衍生物，呋唑衍生物，吡啶並呋唑衍生物，三嗪衍生物，於聚合物系中，可使用聚苯乙炔衍生物、聚對苯衍生物、聚芴衍生物、聚乙烯基呋唑衍生物、聚噻吩衍生物等，但並不限定於該些。作為主體材料尤佳的是蒽衍生物或稠四苯衍生物。

【0133】作為摻雜劑材料，較佳為通式(1)所表示的吡咯亞甲基硼錯合物，亦可包含其以外的螢光發光材料。作為其他摻雜劑材料，具體而言，可列舉：蔡、芘、蒽、熒蒽等具有縮合芳基環的化合物或其衍生物；具有雜芳基環的化合物或其衍生物；二苯乙烯基苯衍生物、胺基苯乙烯基衍生物、四苯基丁二烯衍生物、二苯乙烯衍生物、醛連氮衍生物、吡咯亞甲基衍生物、二酮吡咯並[3,4-c]吡咯衍生物、香豆素衍生物、唑衍生物及其金屬錯合物、

以及芳香族胺衍生物等。

【0134】 另外，作為摻雜劑材料，亦可包含磷光發光材料。作為進行磷光發光的摻雜劑，較佳為包含選自由銦（Ir）、鈦（Ru）、鈦（Pd）、鉑（Pt）、銱（Os）、及銱（Re）所組成的群組中的至少一種金屬的金屬錯合物化合物，就高效率發光的觀點而言，更佳為銦錯合物或鉑錯合物。配位子較佳為具有苯基吡啶骨架或苯基喹啉骨架或碳烯（carbene）骨架等含氮雜芳基，但並不限定於這些。

【0135】 其中，就提高顏色純度的觀點而言，摻雜劑材料較佳為包含一種通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物。

【0136】 發光層中除了所述主體材料或摻雜劑材料以外，亦可進一步包含用以調整發光層內的載子平衡或用以使發光層的層結構穩定化的第三成分。其中，作為第三成分，較佳為選擇如於主體材料及摻雜劑材料之間不會發生相互作用的材料。

【0137】 對使用熱活化延遲螢光材料作為第一化合物的情況進行詳細說明。熱活化延遲螢光材料一般亦被稱為 TADF 材料，其為藉由減小最低激發單重態狀態的能階與最低激發三重態狀態的能階之能隙來促進自最低激發三重態狀態向最低激發單重態狀態的逆系間交差（inverse intersystem crossing），並提高單重態激子的生成概率的材料。TADF 材料中的最低激發單重態能階與最低激發三重態能階的差（設為 ΔE_{ST} ）較佳為 0.3 eV 以下。藉由所述 TADF 機構，可將理論內部效率提高至 100%。進而，於自作為第

一化合物的熱活化延遲螢光材料的單重態激子向第二化合物的單重態激子發生福斯特（Forster）型能量遷移的情況下，觀測到來自第二化合物的單重態激子的螢光發光。為了發生此種能量遷移，較佳為第一化合物的最低激發單重態能階大於第二化合物的最低激發單重態能階。此處，於第二化合物是具有尖銳的發光光譜的螢光發光材料的情況下，可獲得高效率且高顏色純度的發光元件。如此，若發光層含有熱活化延遲螢光材料，則可實現高效率發光，有助於顯示器的低消耗電力化。熱活化延遲螢光材料可為藉由單一的材料來顯示出熱活化延遲螢光的材料，亦可為如形成激發錯合物（exciplex）的情況般藉由多種化合物來顯示出熱活化延遲螢光的材料。

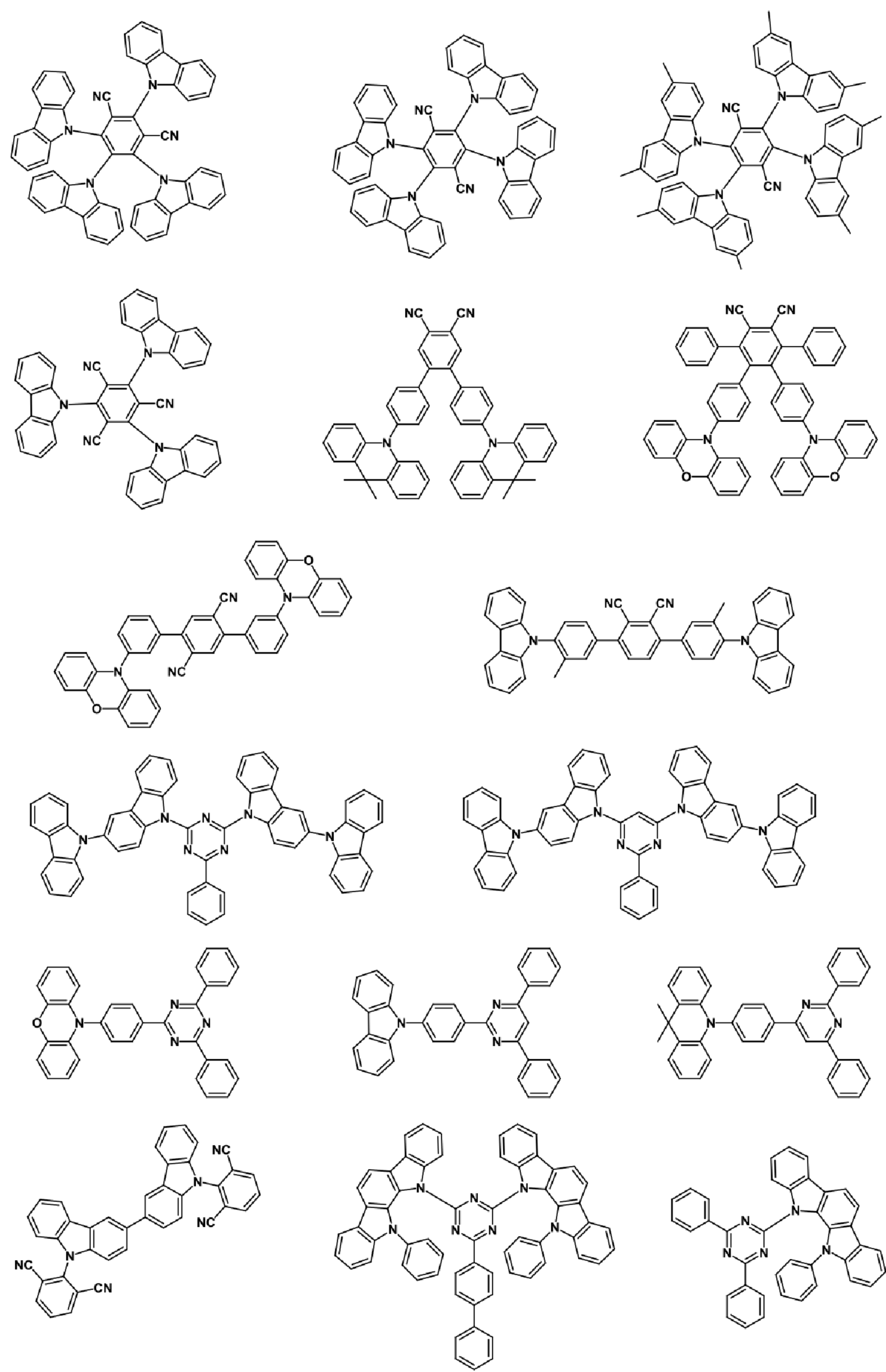
【0138】 作為熱活化延遲螢光性材料，可為單一的化合物，亦可混合使用多種化合物，可使用公知的材料。具體而言，例如可列舉：苯甲腈衍生物、三嗪衍生物、二亞碲衍生物、呋唑衍生物、吡啶並呋唑衍生物、二氫呋嗪衍生物、噻唑衍生物、噁二唑衍生物等。特別是較佳為於同一分子內具有供電子性部（施體部）與拉電子性部（受體部）的化合物。

【0139】 此處，作為供電子性部（施體部），可列舉芳香族胺基或 π 電子過剩型雜環官能基。具體而言，可例示二芳基胺基、呋唑基、苯並呋唑基、二苯並呋唑基、吡啶並呋唑基、二氫吡啶基、呋噻嗪基及二氫呋嗪基等。另外，作為拉電子性部（受體部），可列舉具有拉電子性基作為取代基的苯基或 π 電子不足型雜環官能

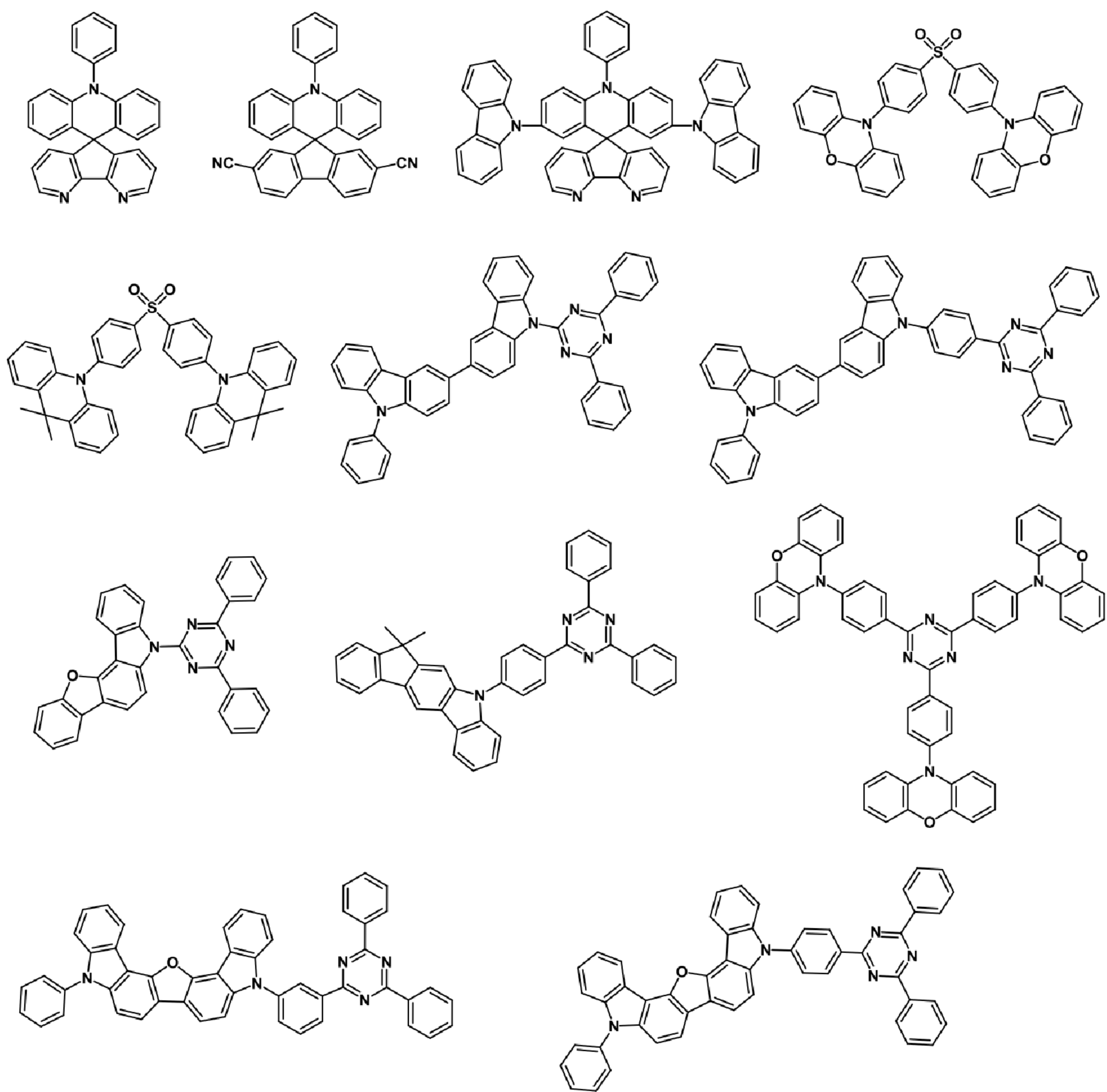
基。具體而言，可例示具有選自羰基、磺醯基、氰基中的拉電子性基作為取代基的苯基或三嗪基。該些官能基可分別經取代亦可未經取代。

【0140】 作為此種熱活化延遲螢光性材料，並無特別限定，可列舉以下例子。

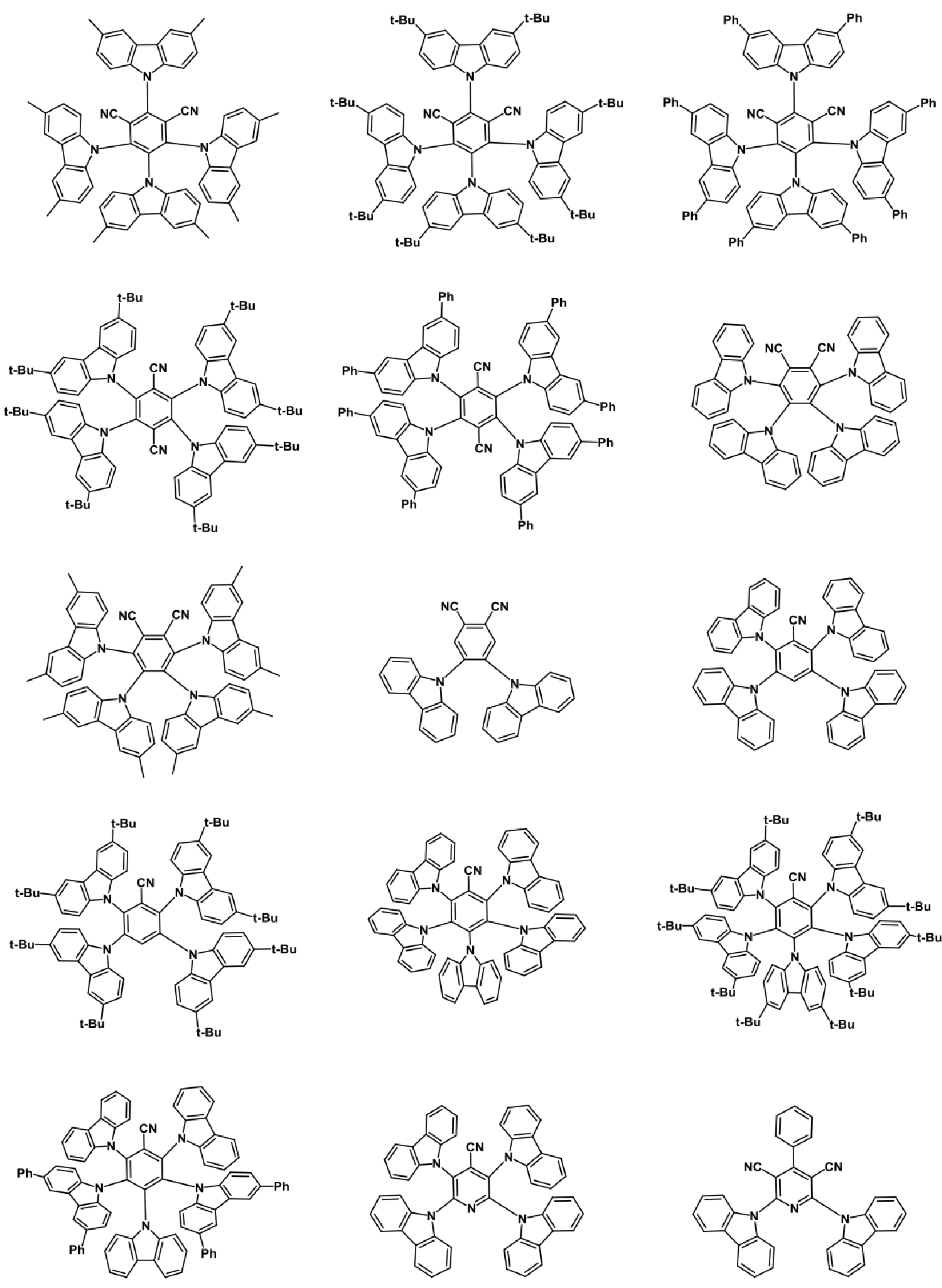
【0141】 [化 16]



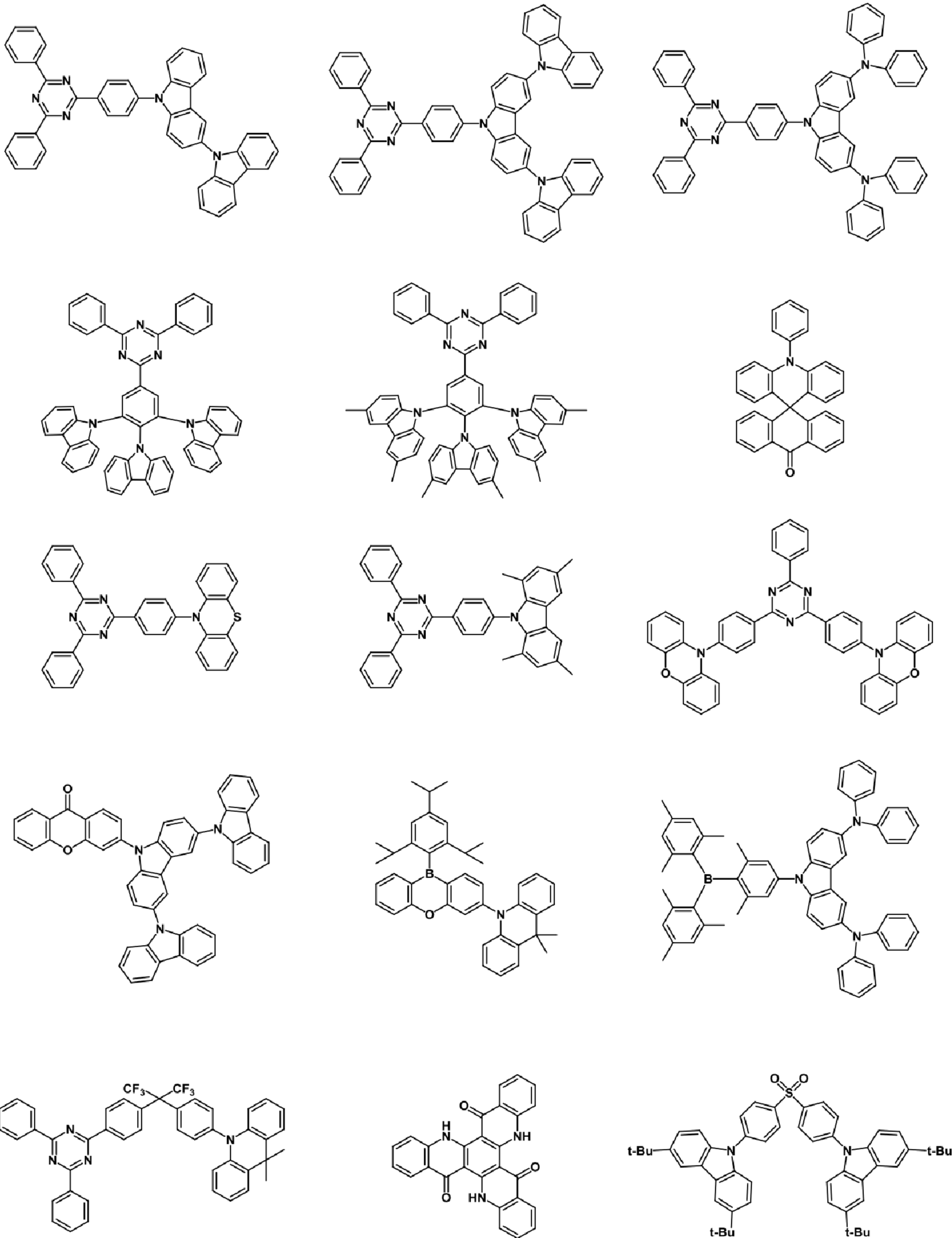
【0142】 [化 17]



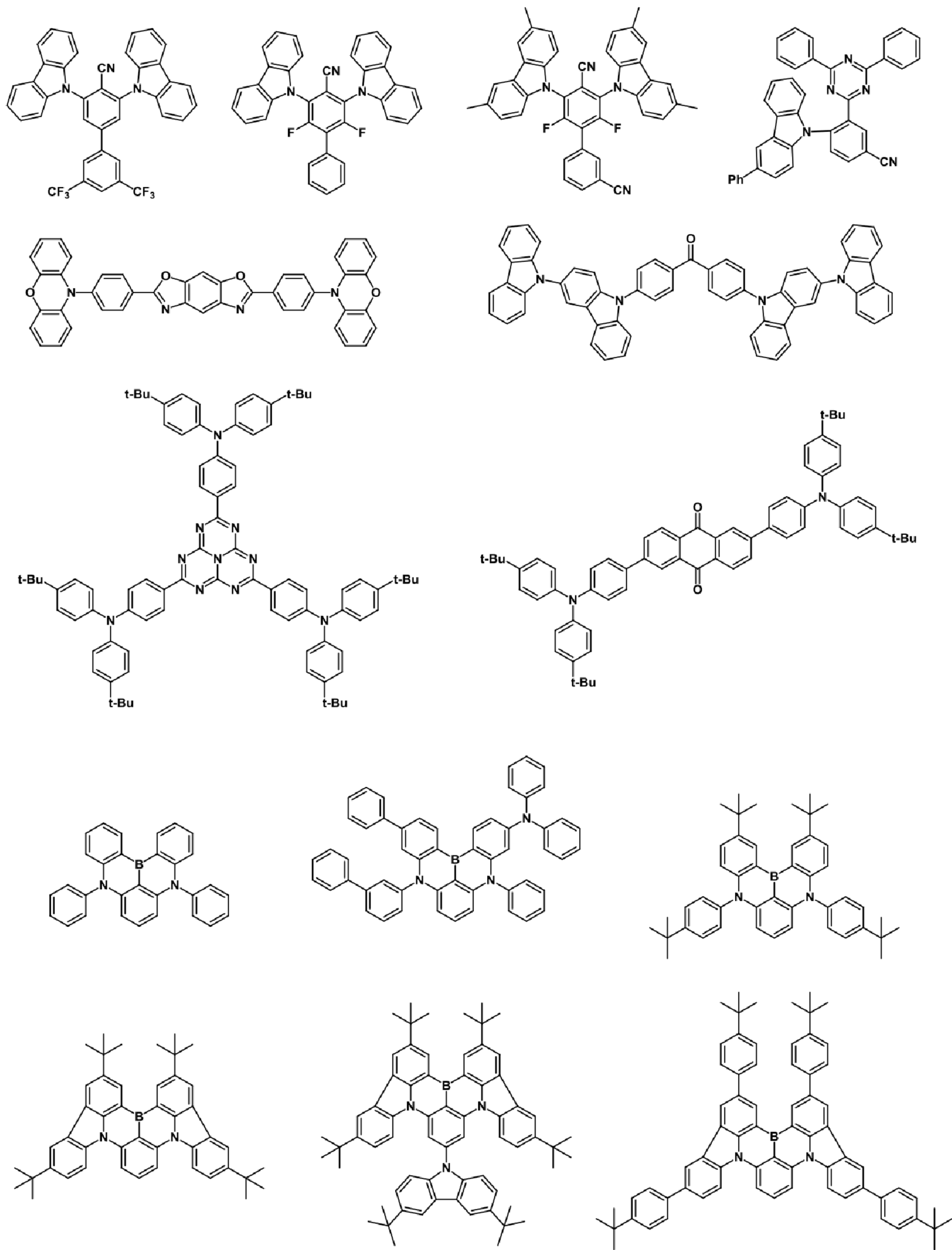
【 0143 】 [化 18]



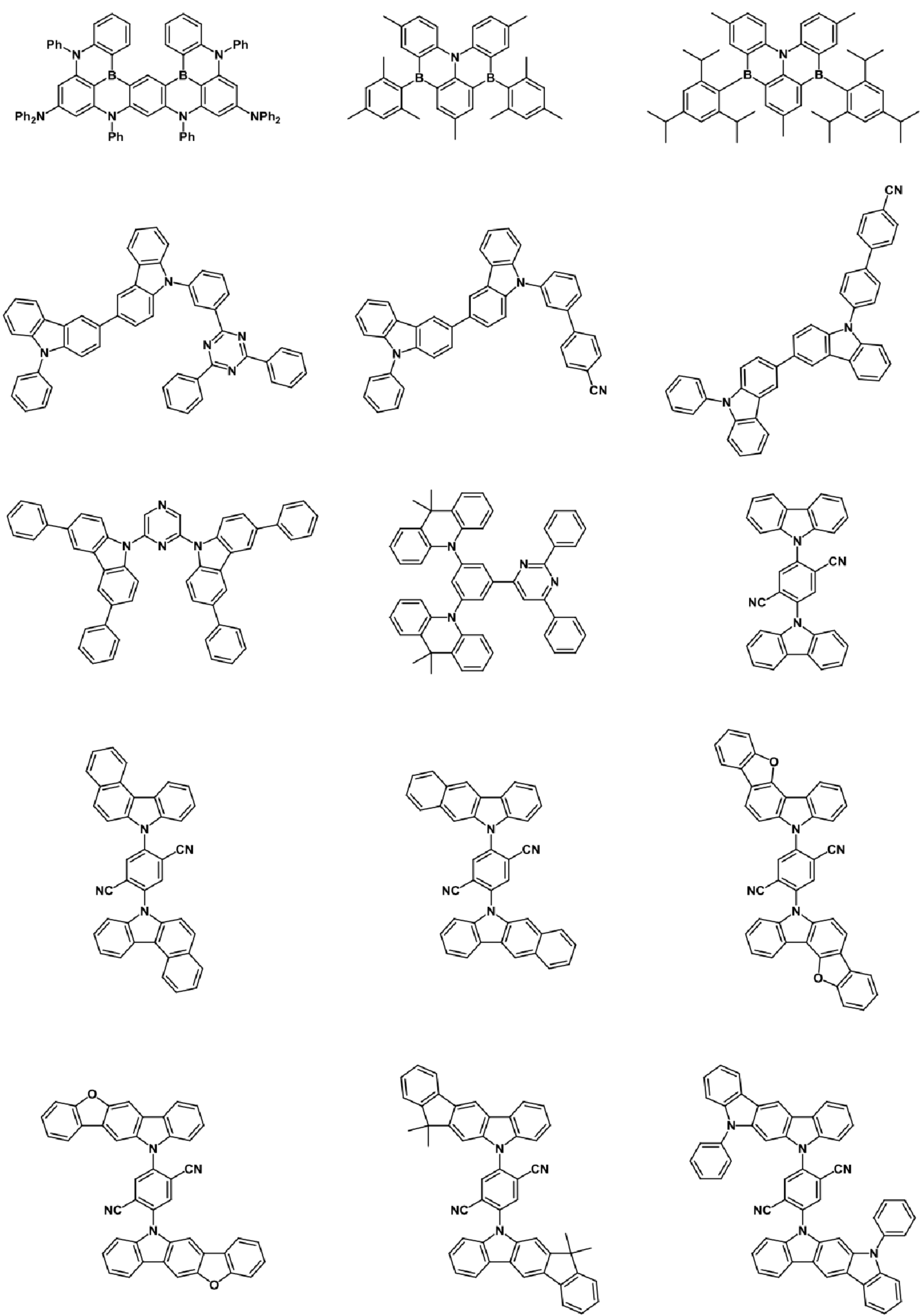
【0144】 [化 19]



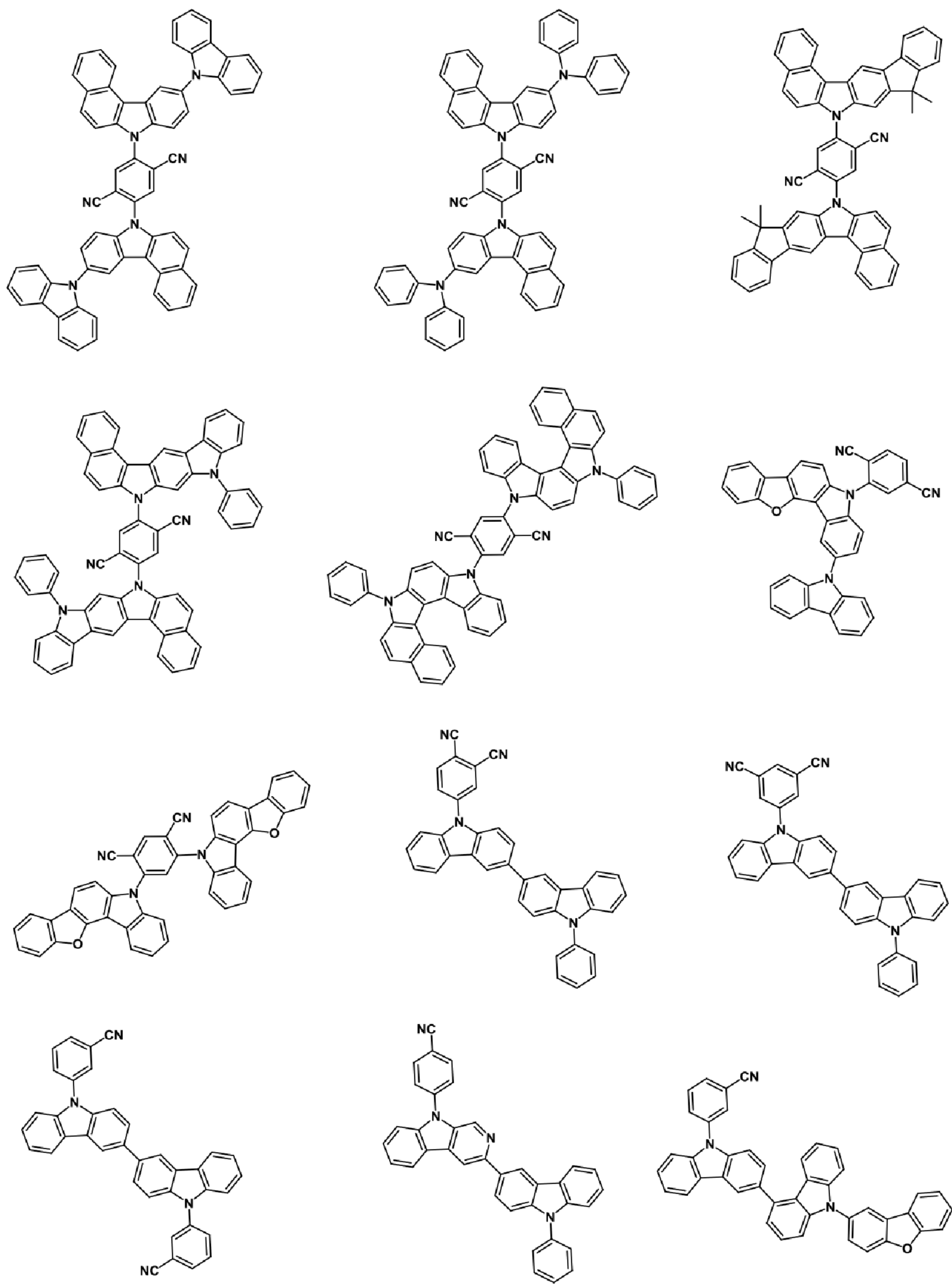
【0145】 [化 20]



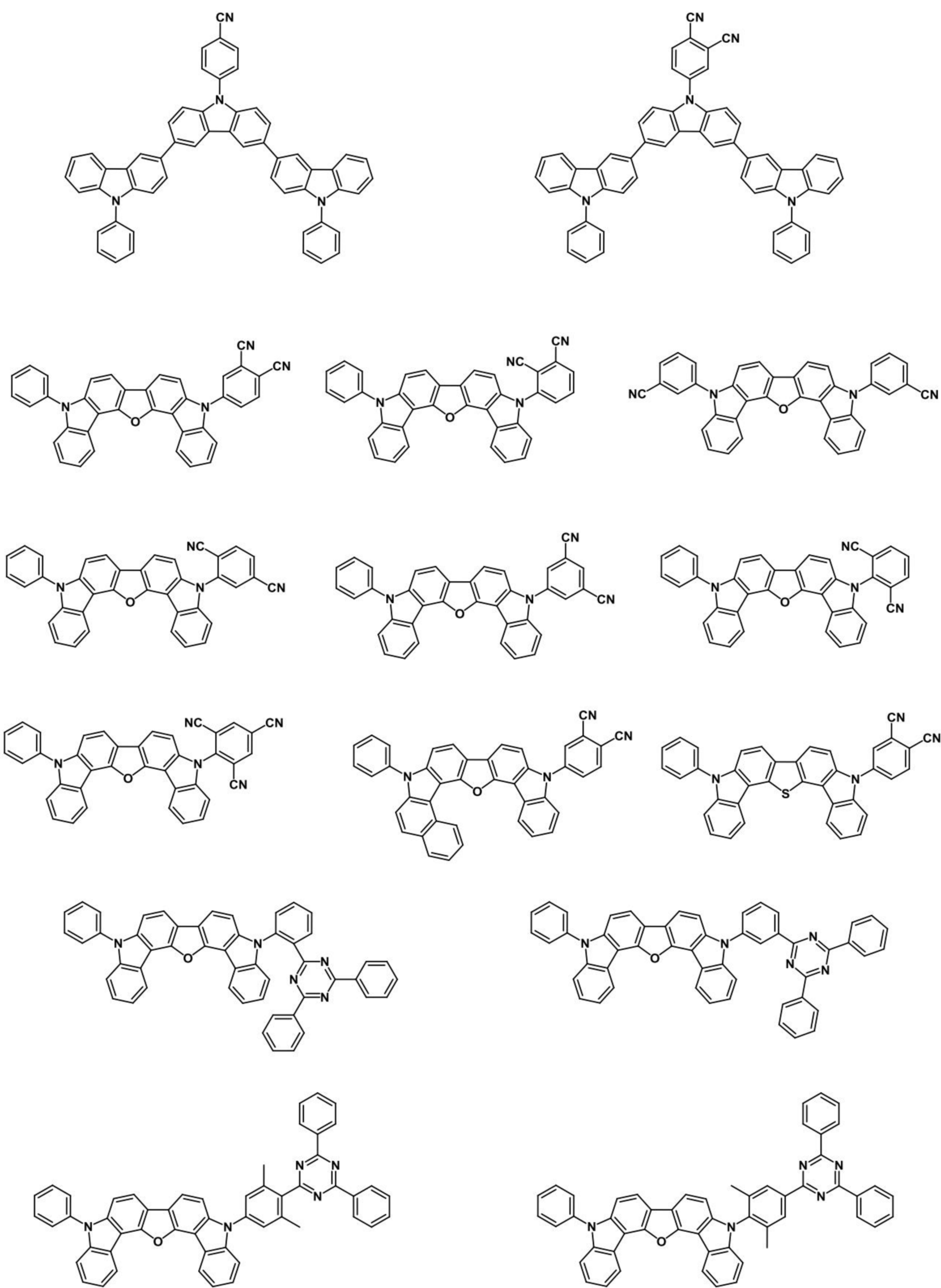
【0146】 [化 21]



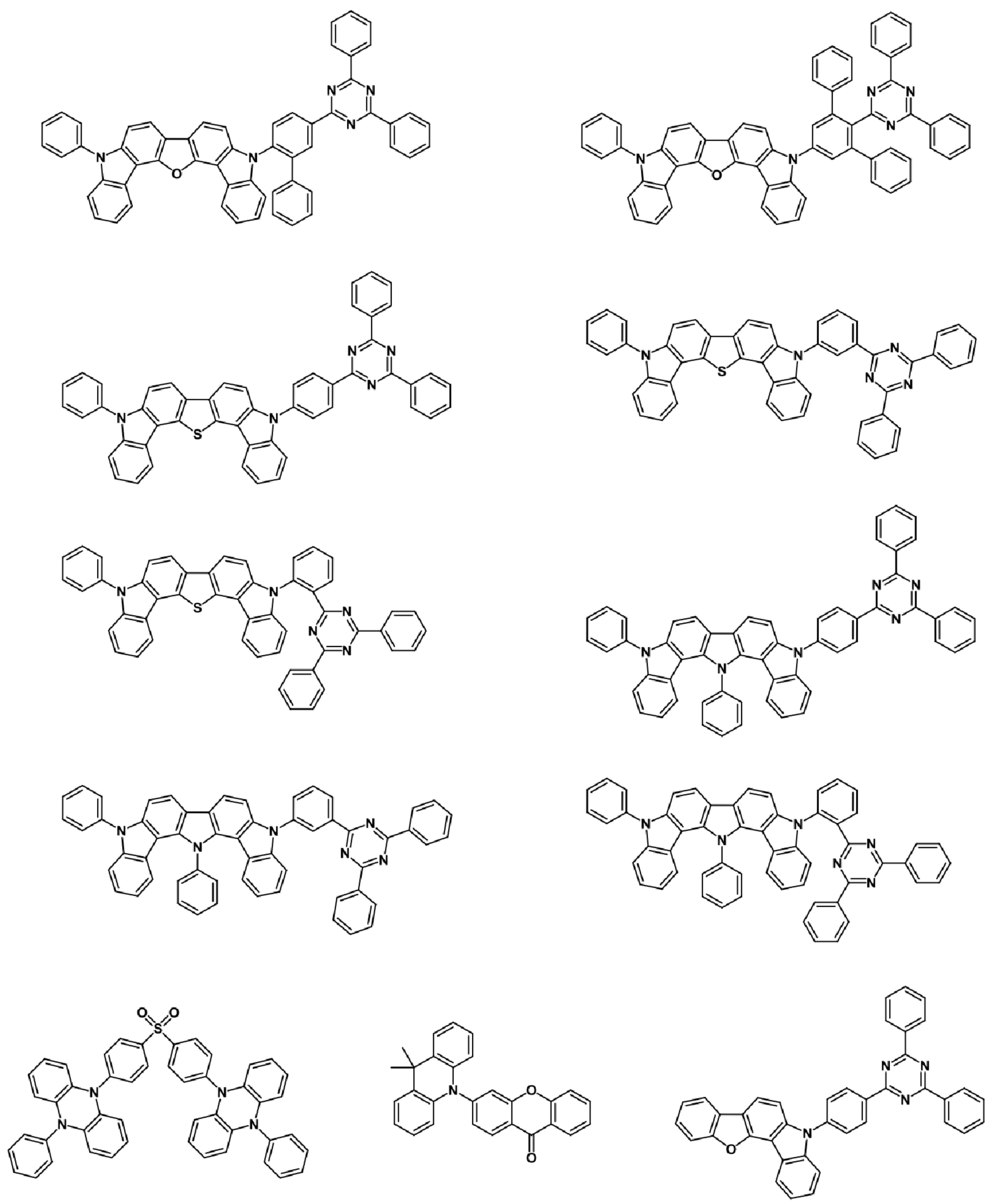
【0147】 [化 22]



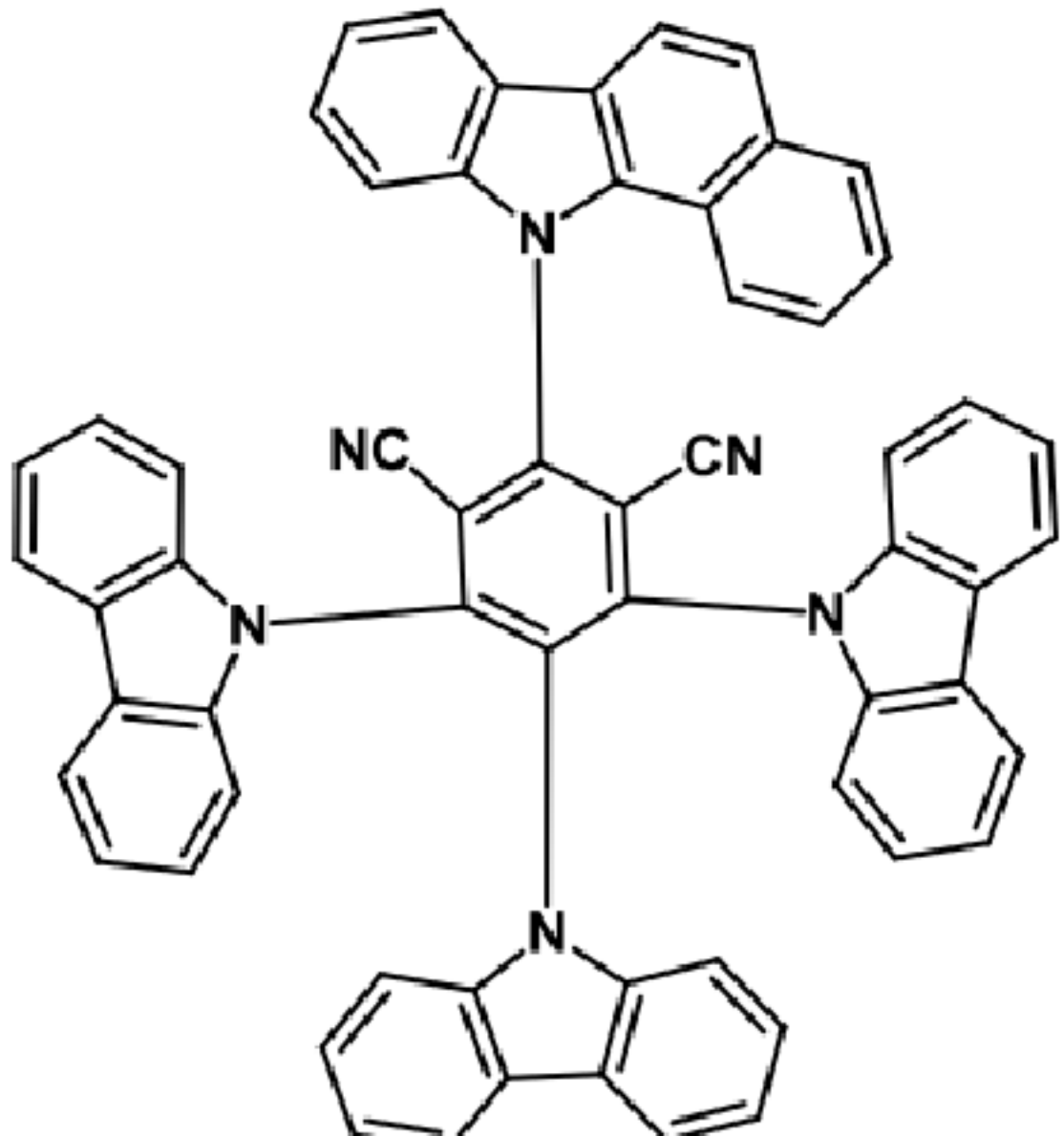
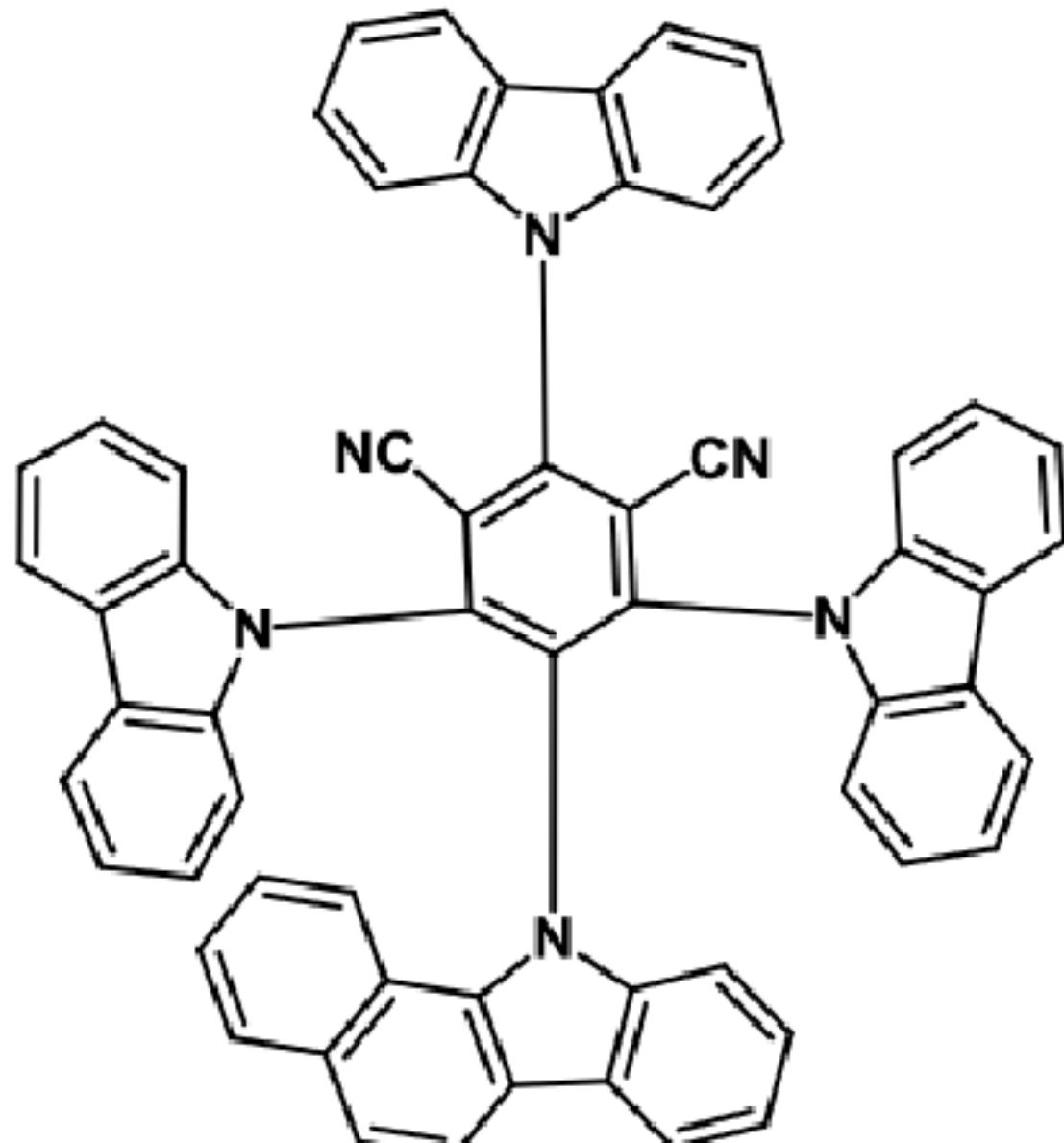
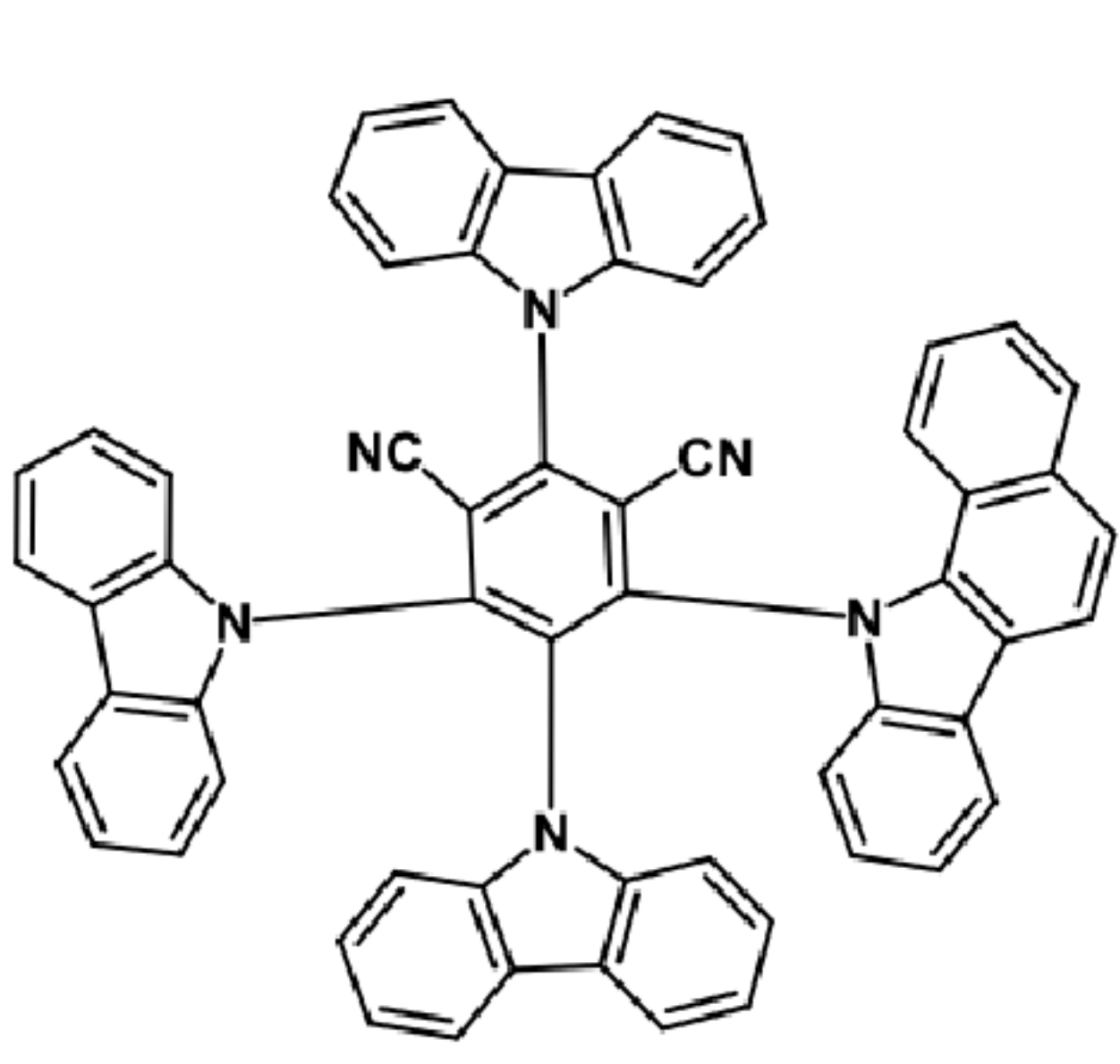
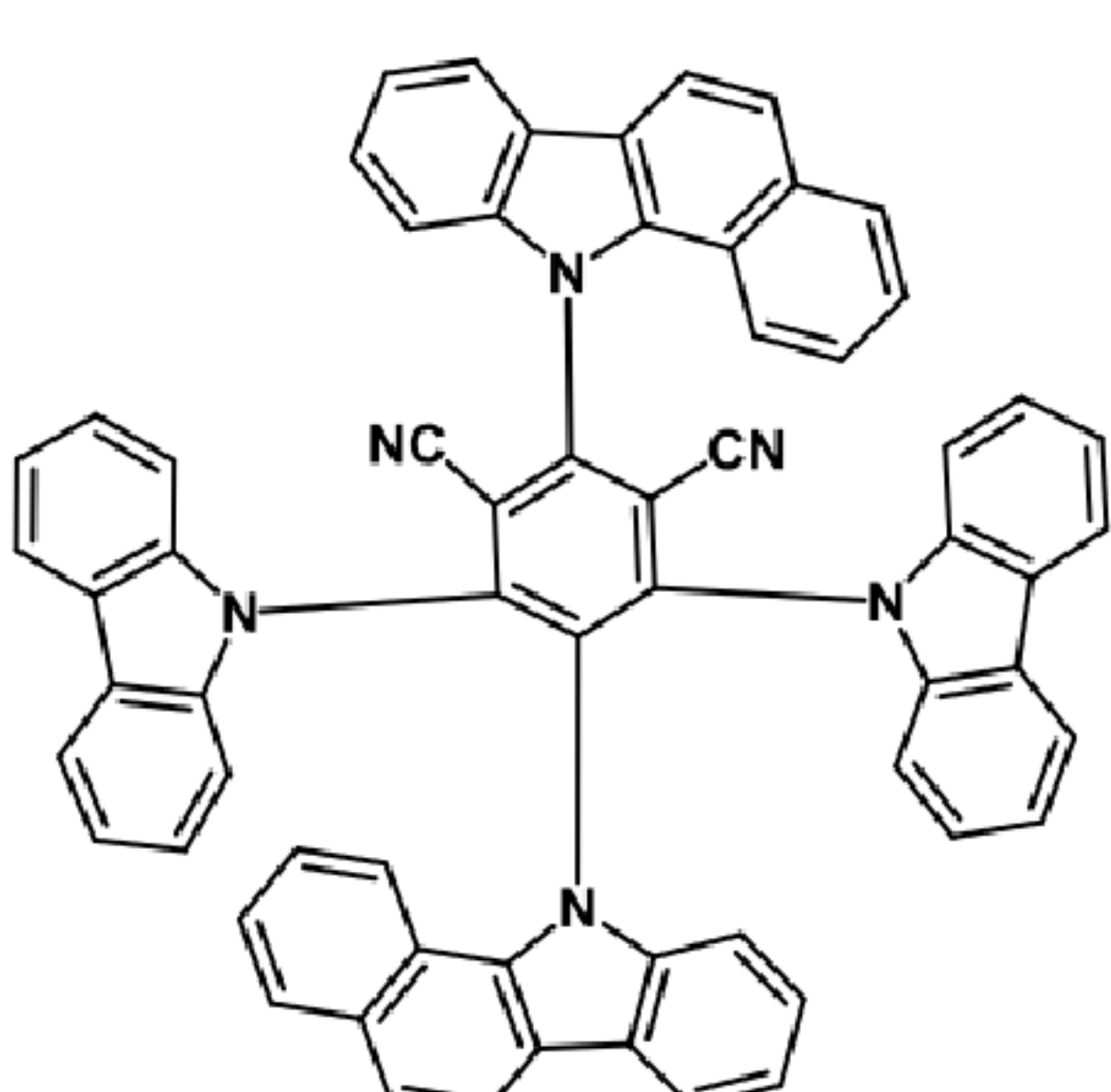
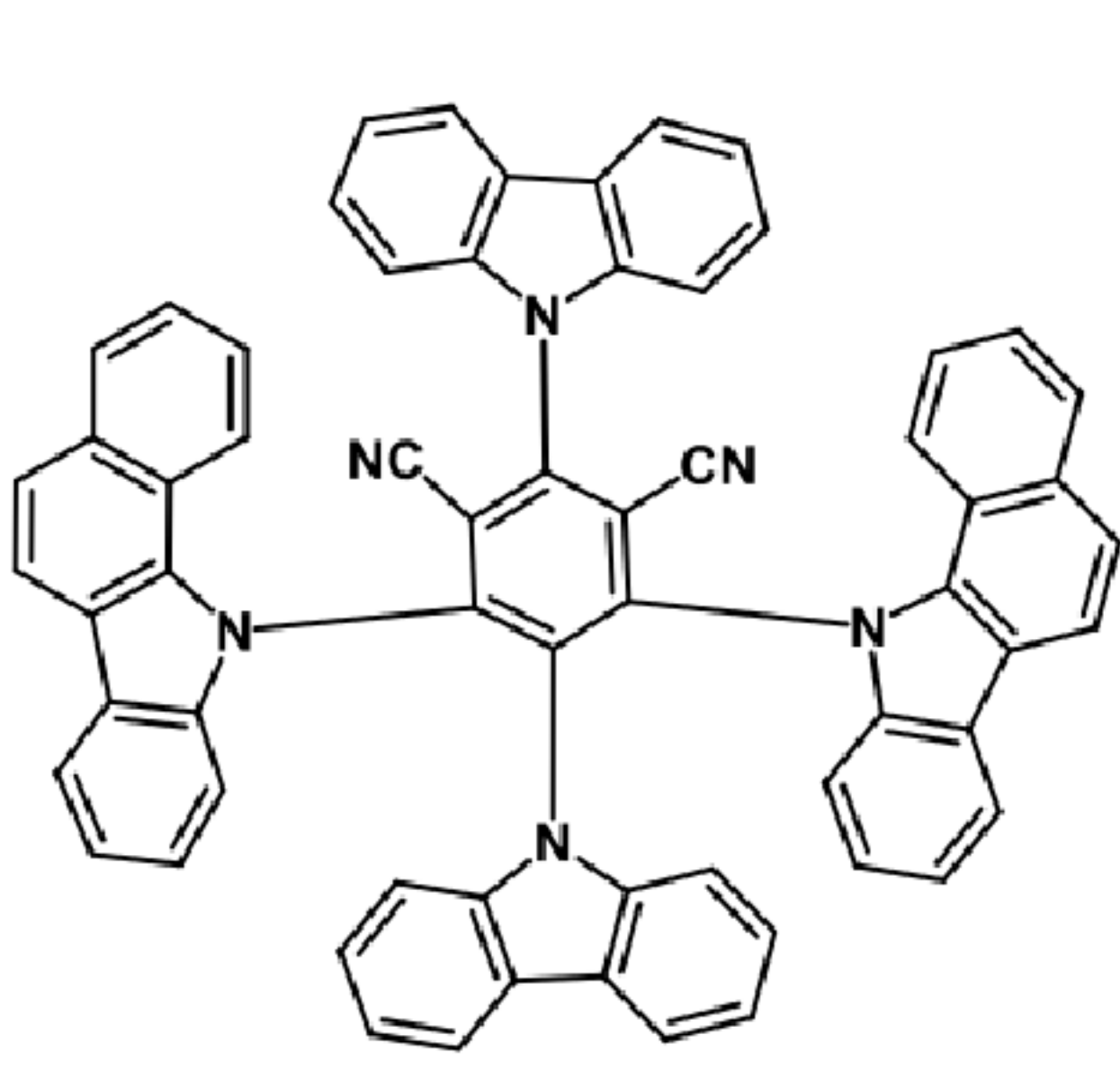
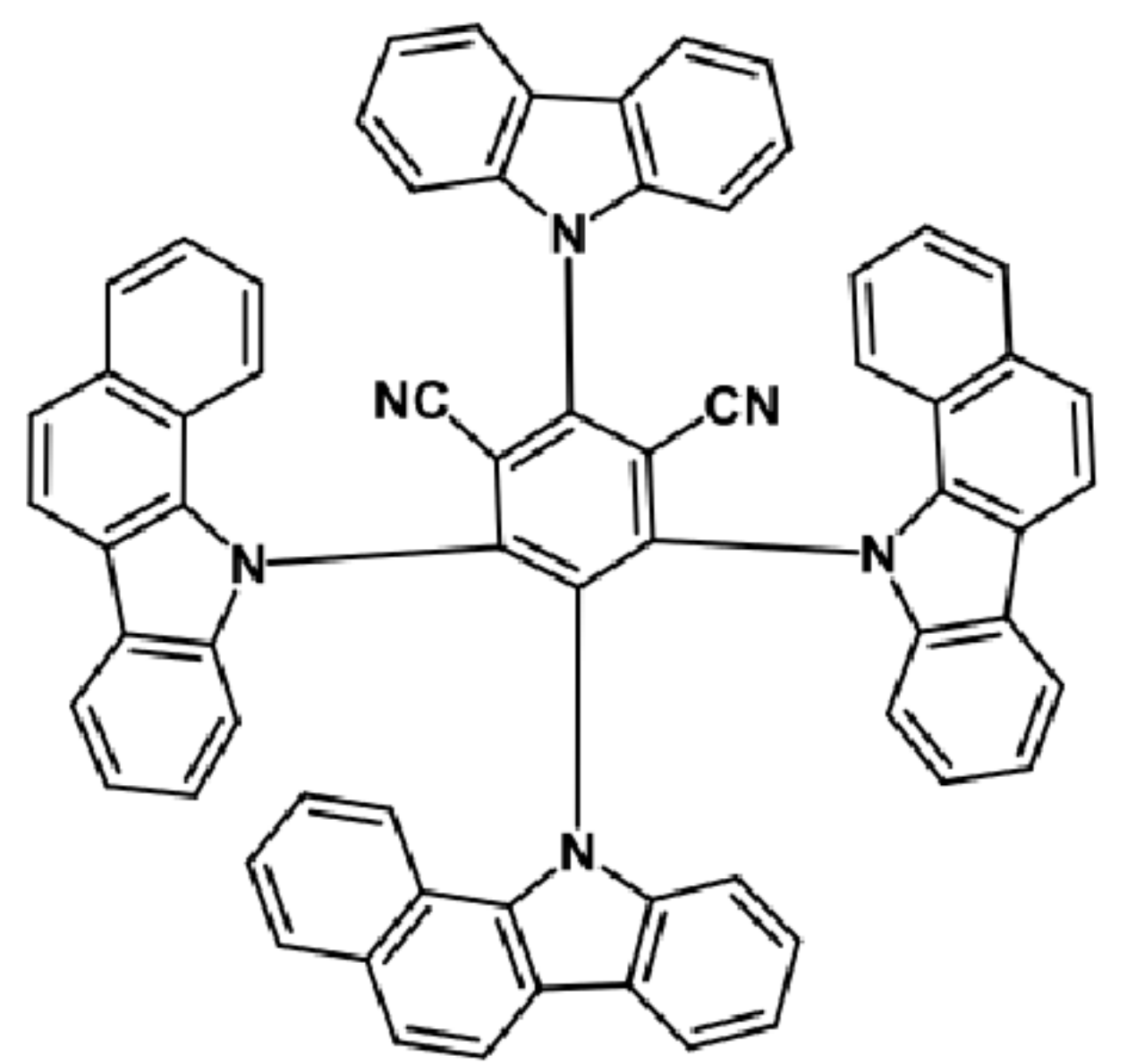
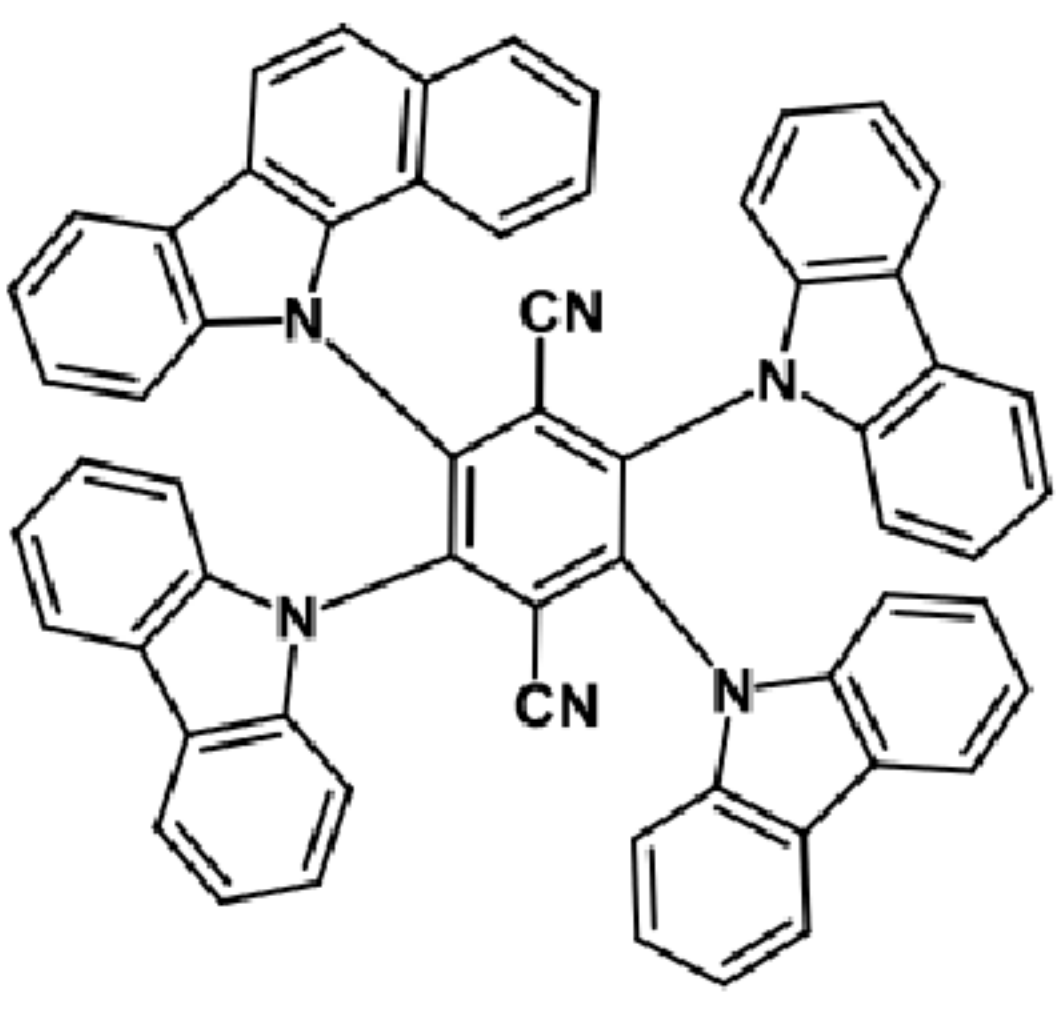
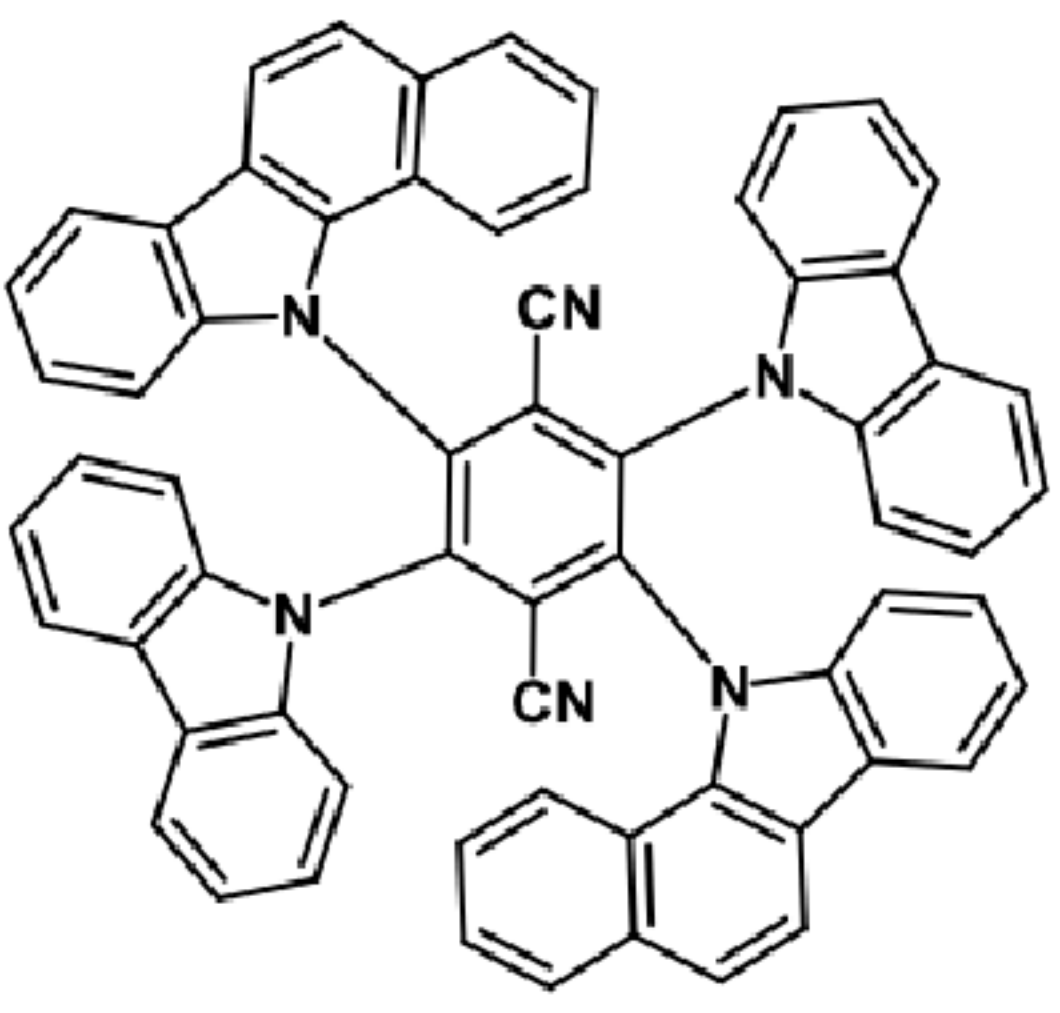
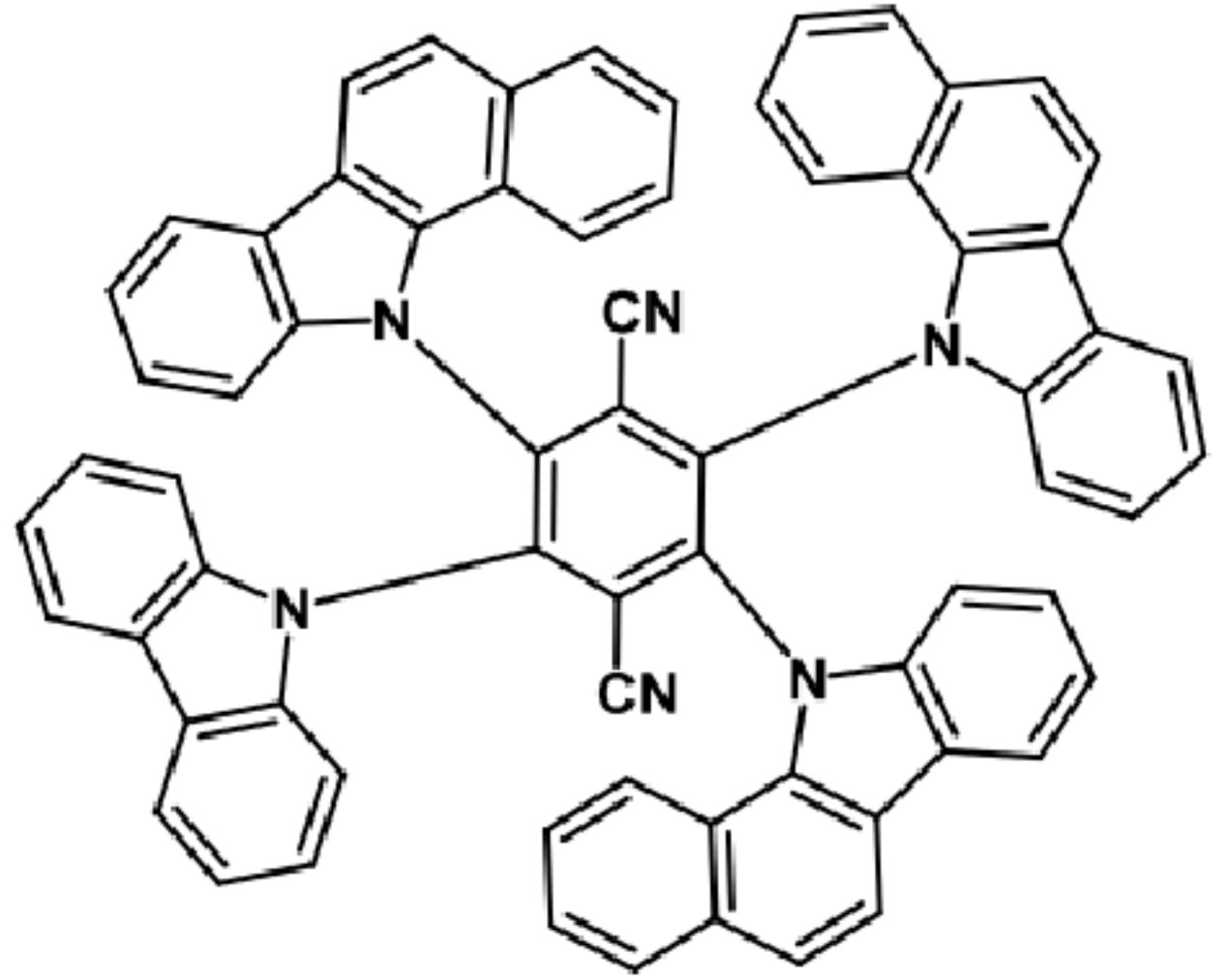
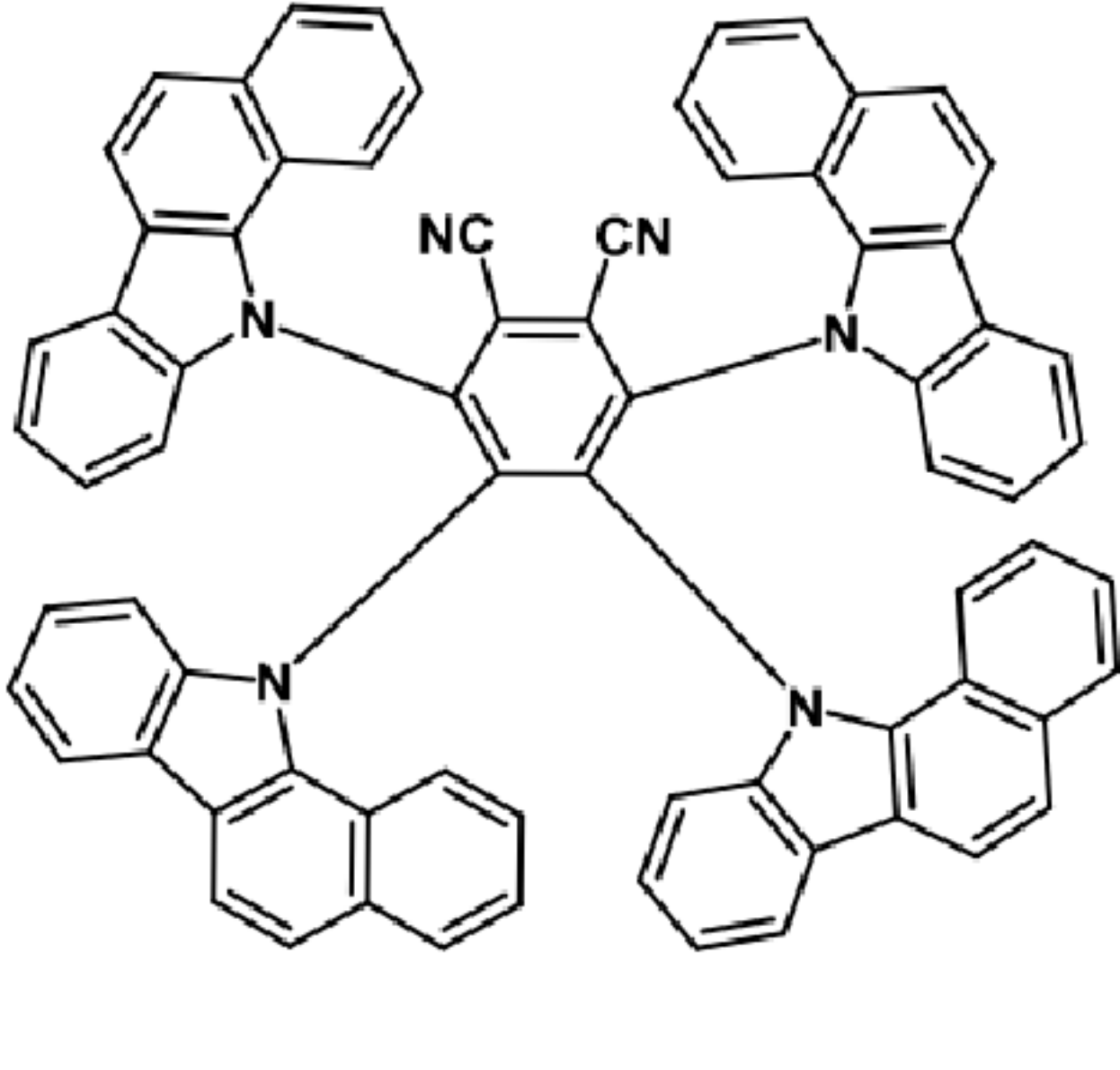
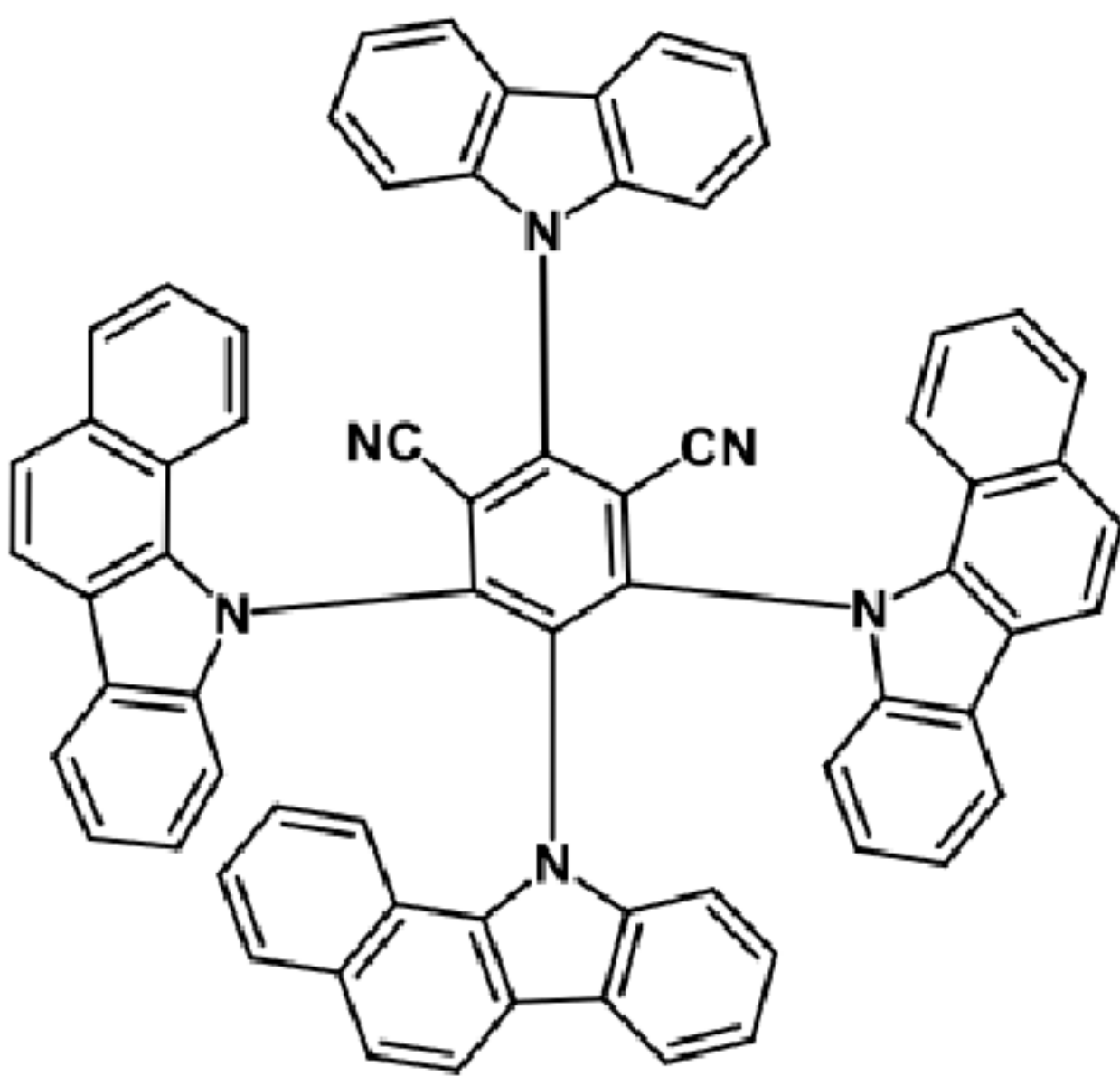
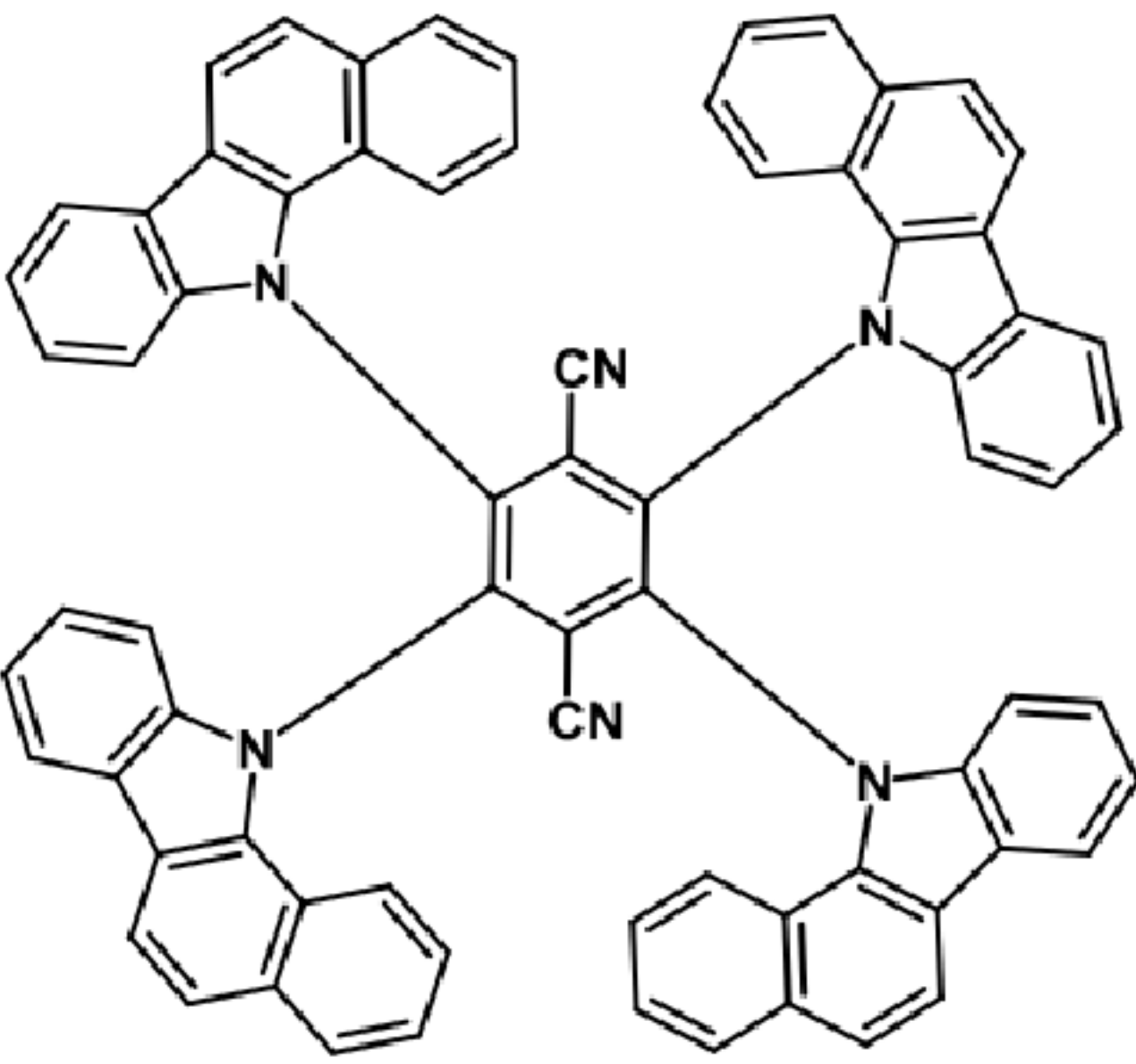
【0148】 [化 23]



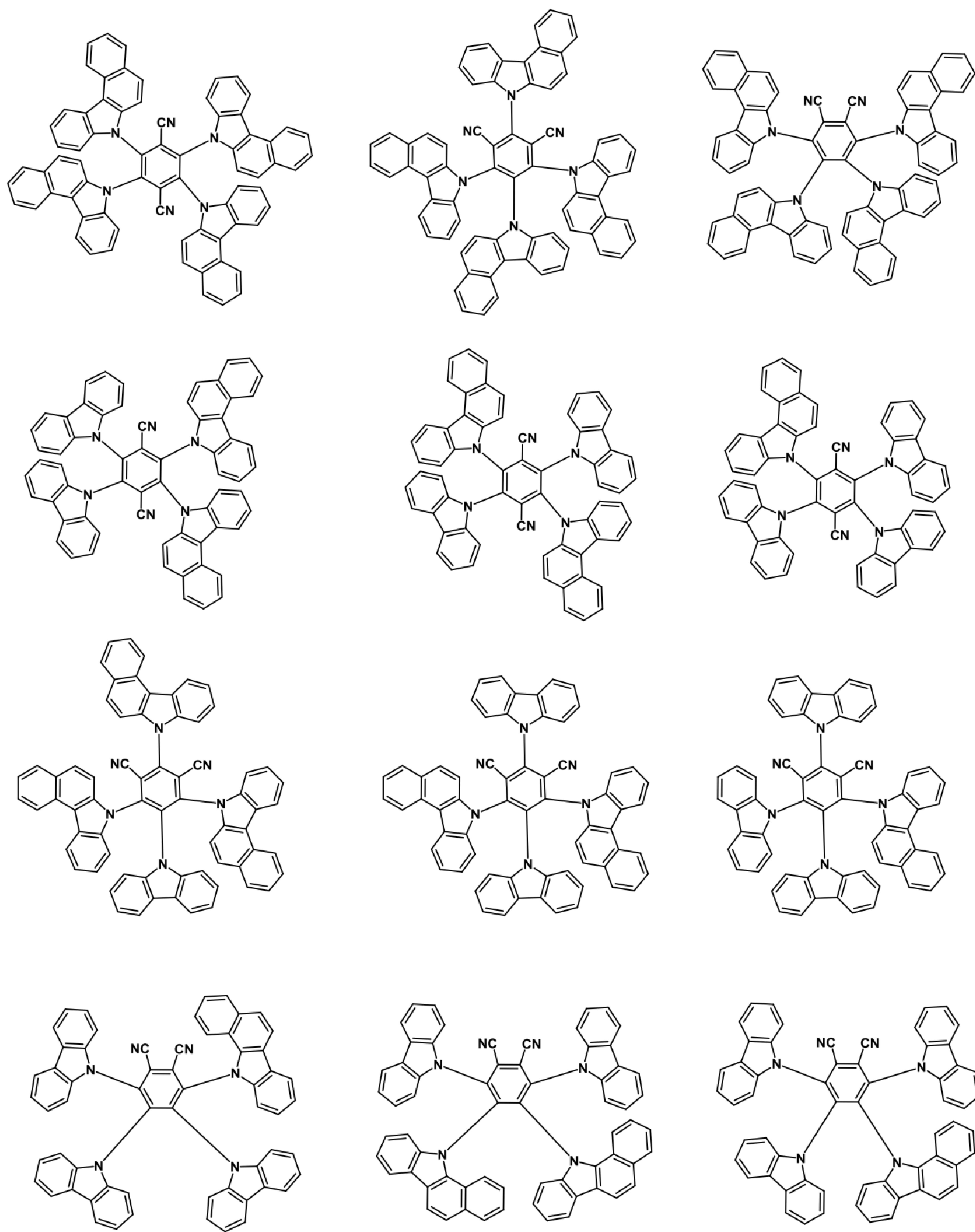
【0149】 [化 24]



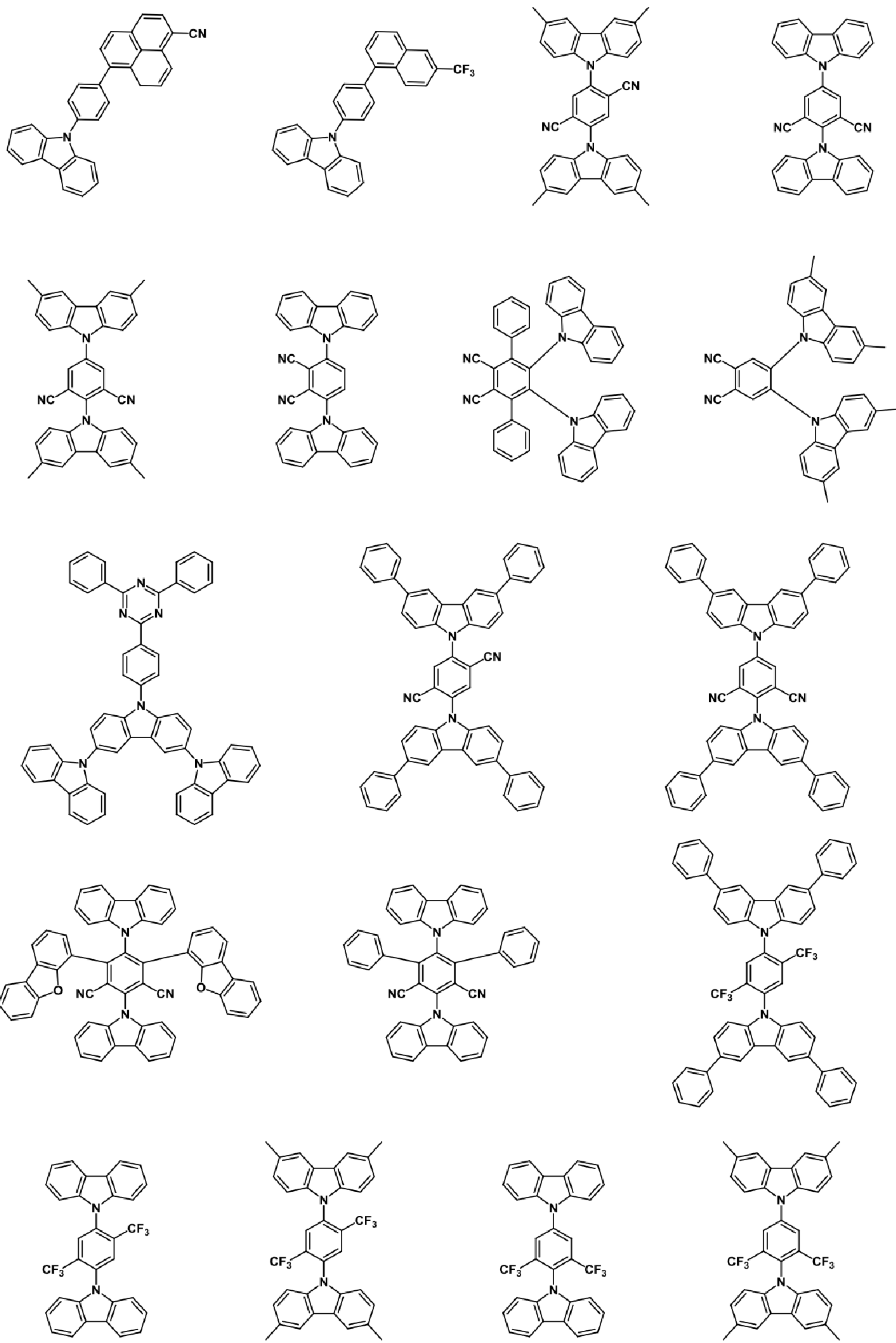
【0150】 [化 25]



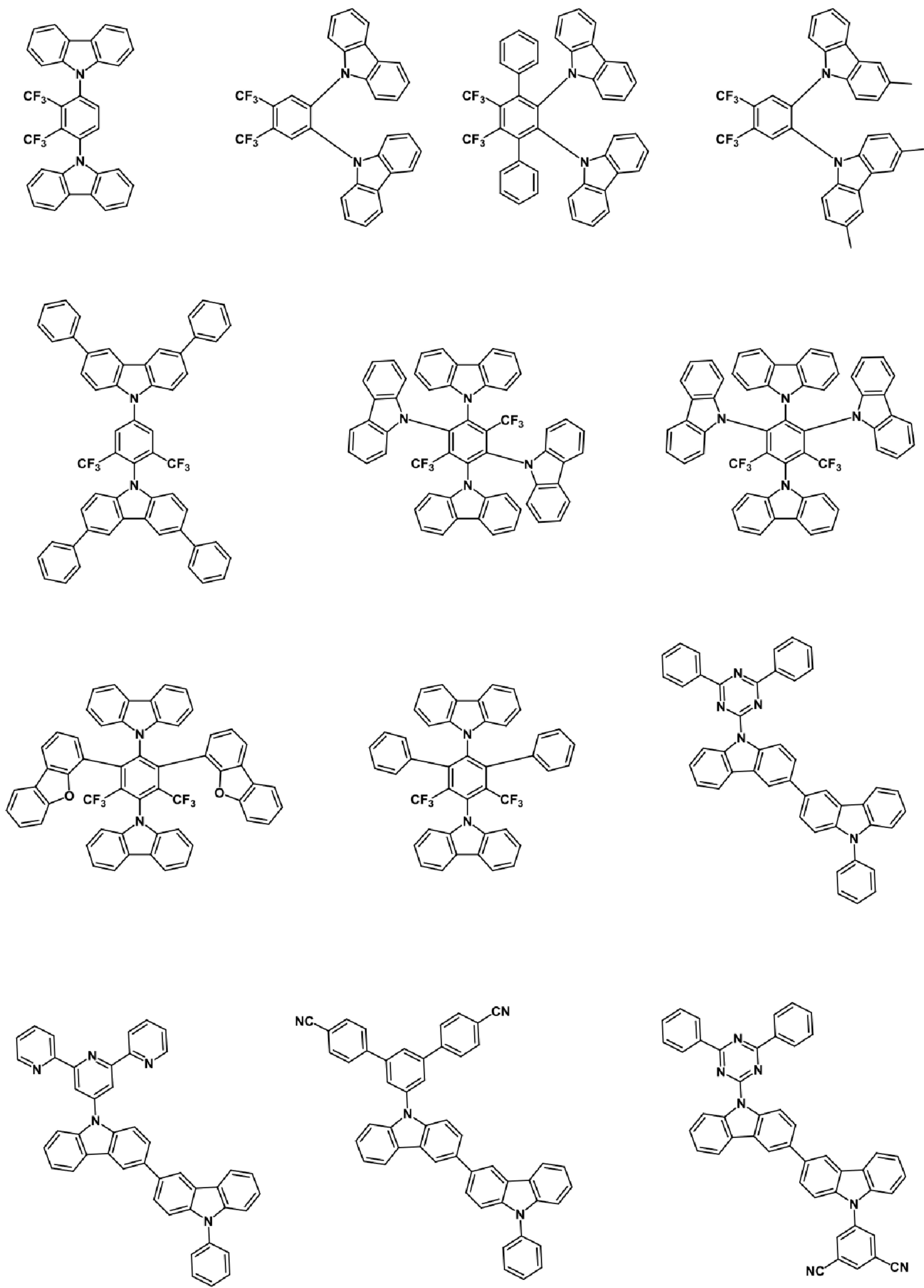
【0151】 [化 26]



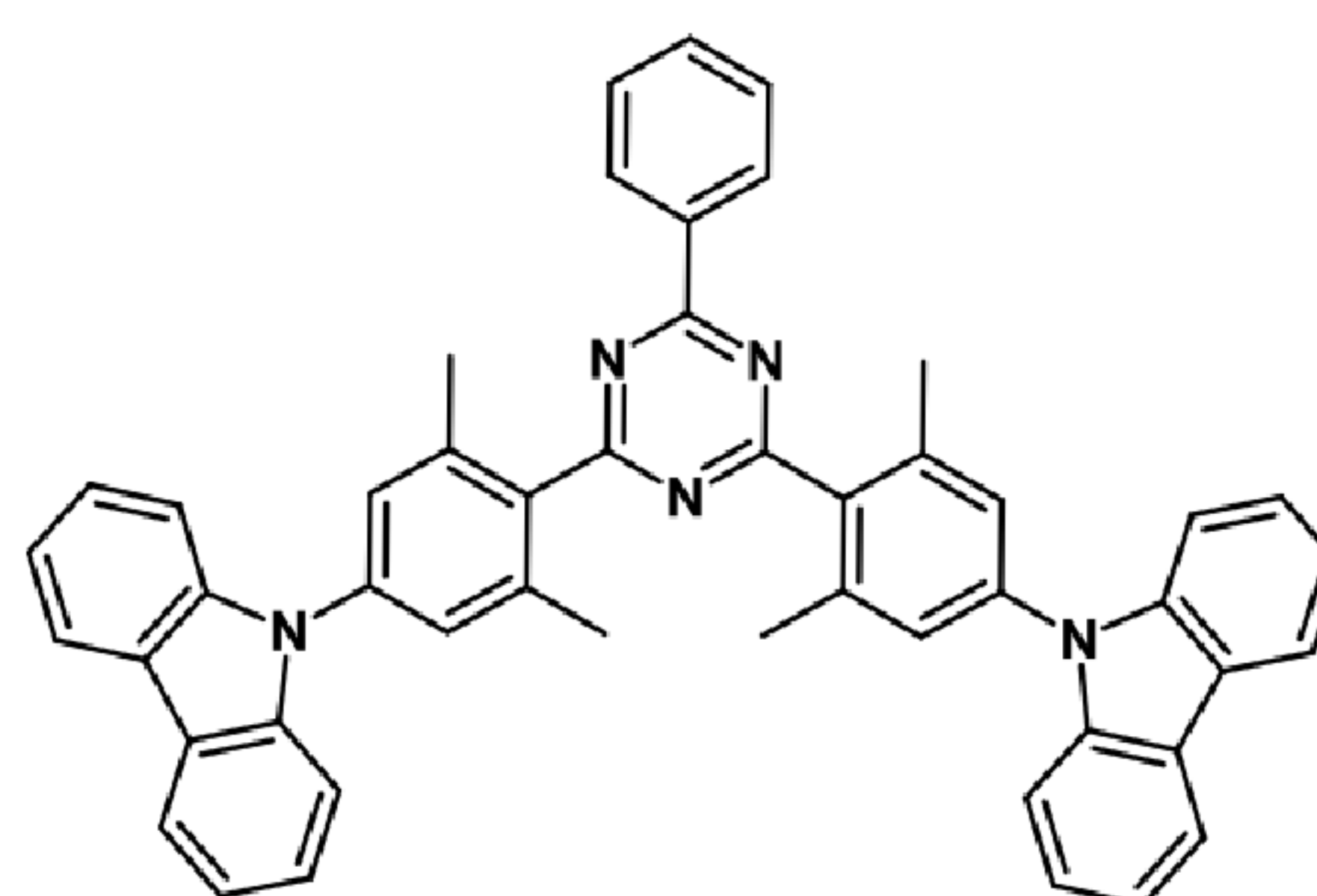
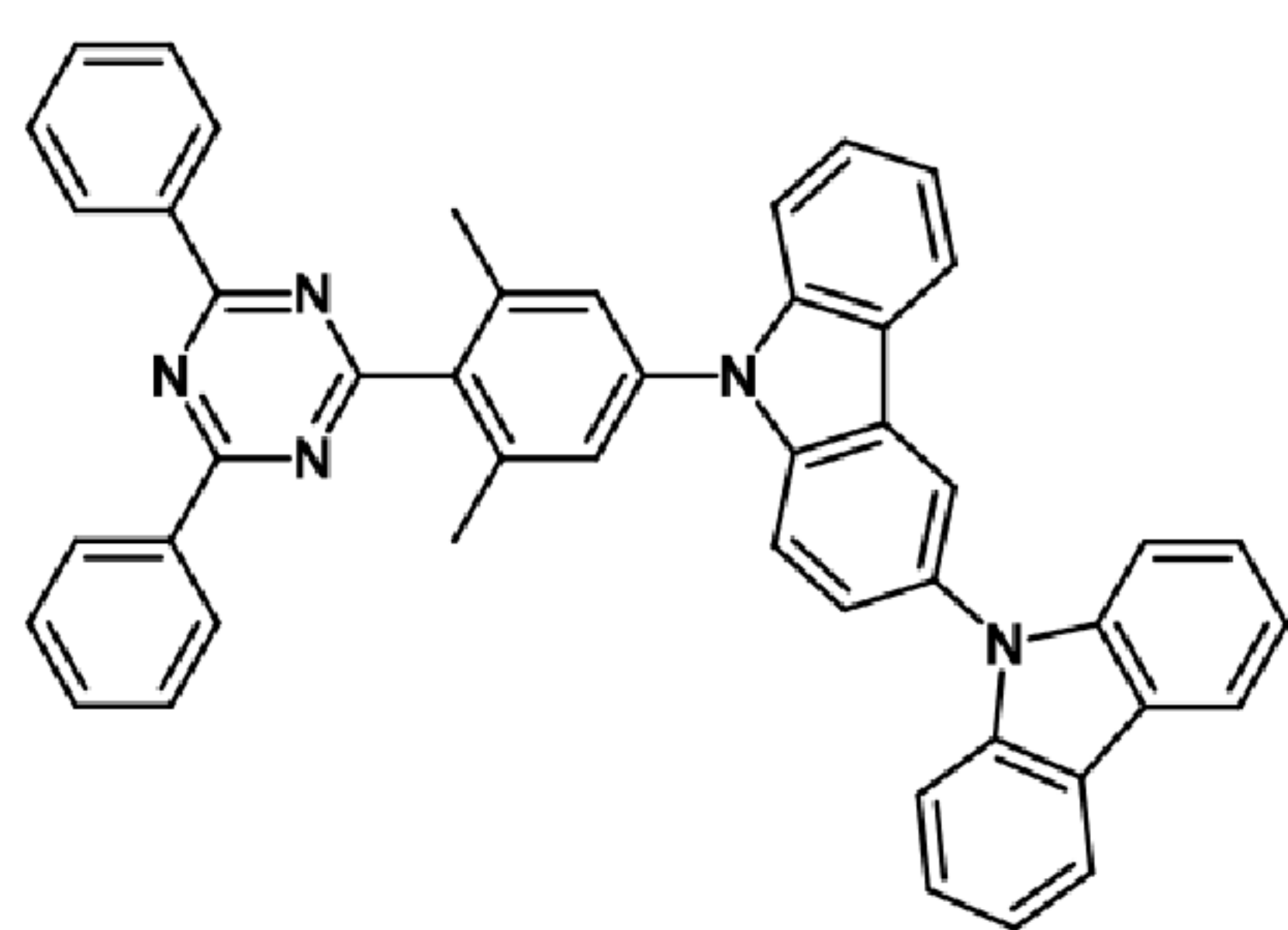
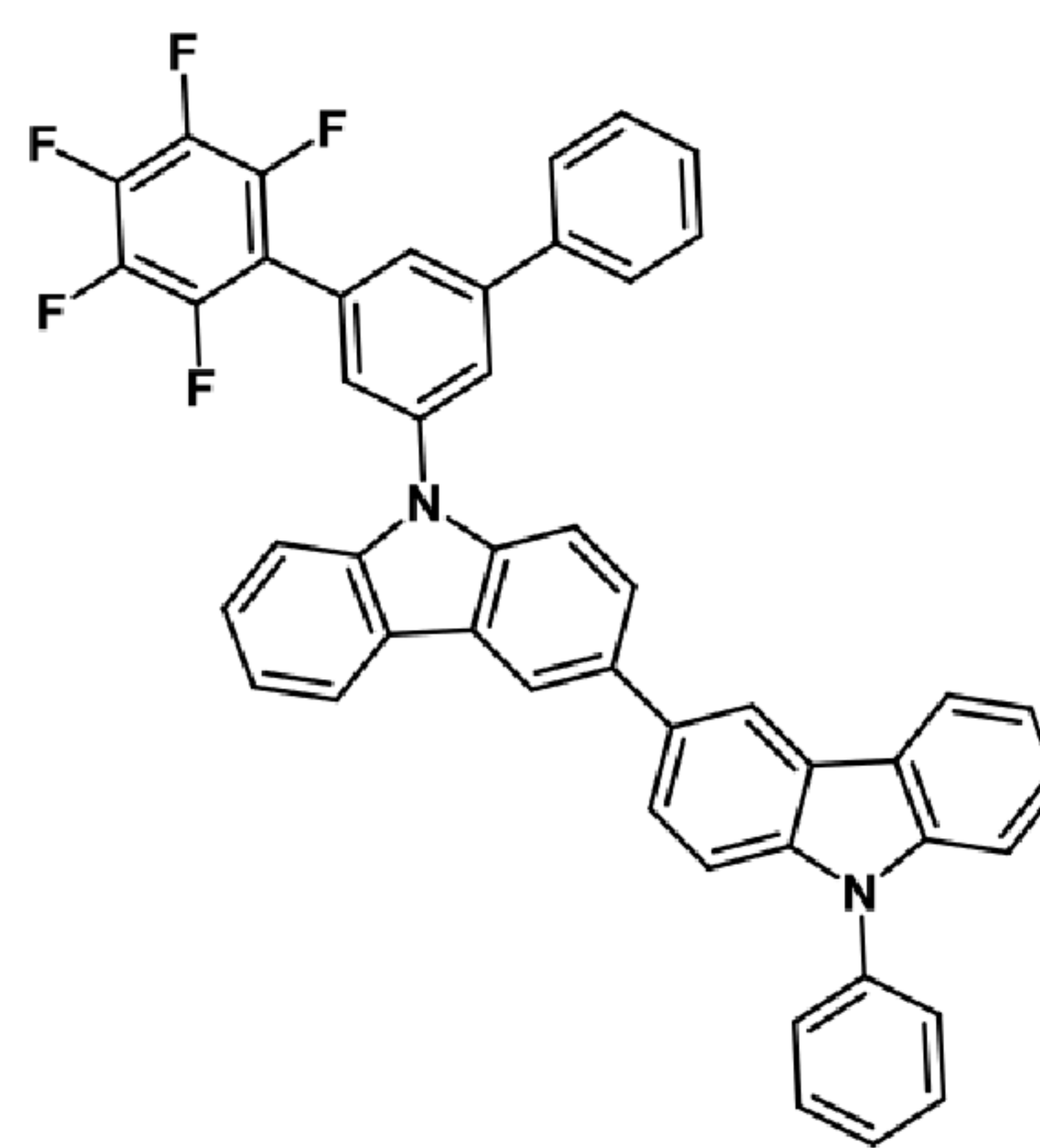
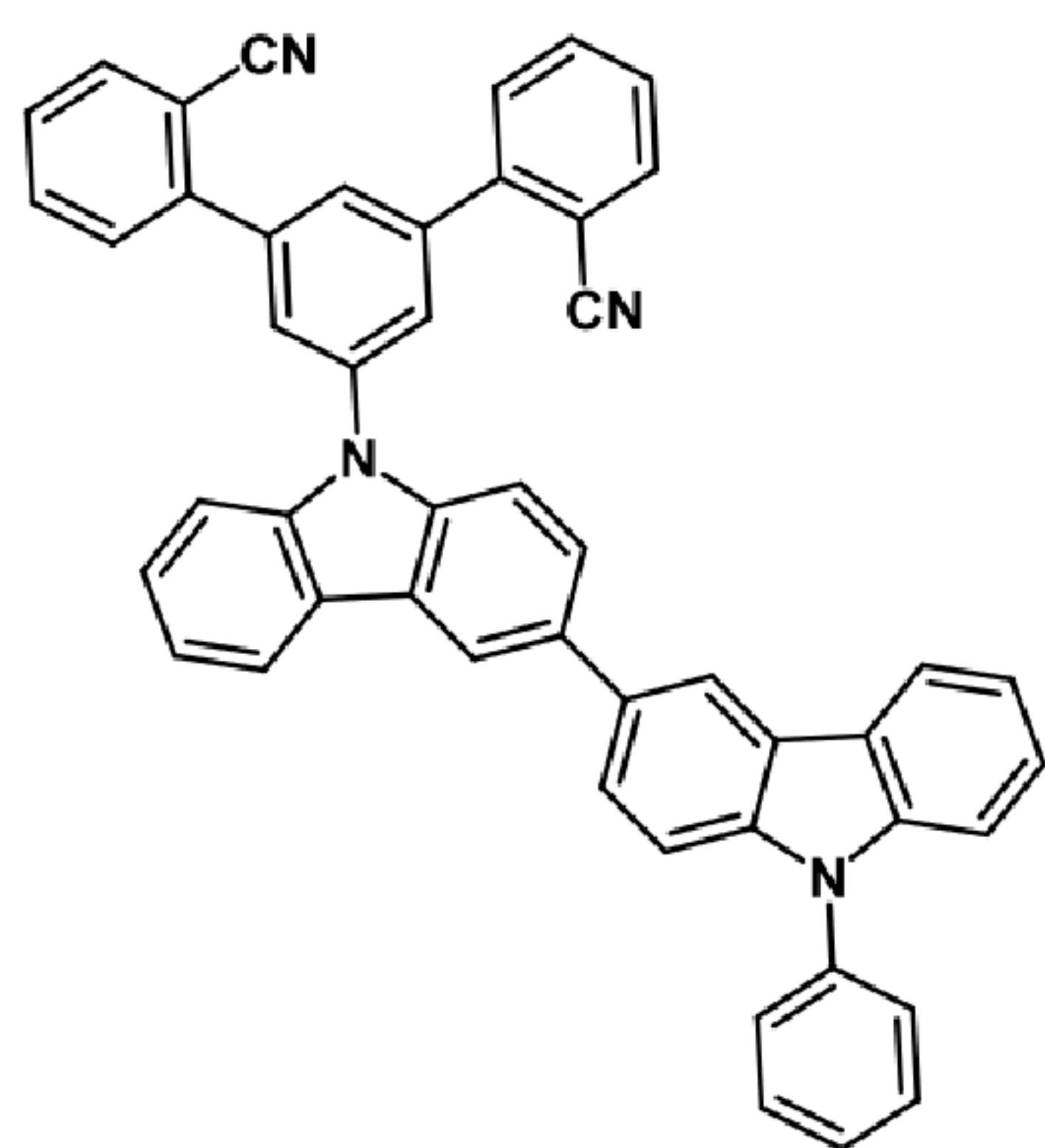
【0152】 [化 27]



【 0153 】 [化 28]



【 0154】 [化 29]



【0155】 另外，於由多種化合物顯示出熱活化延遲螢光性的情況下，較佳為藉由電子傳輸性的材料（受體）與電洞傳輸性的材料（施體）的組合來形成激發錯合物（**exciplex**）。激發錯合物的最低激發單重態狀態的能級與最低激發三重態狀態的能級之差小，因此容易發生自最低激發三重態狀態的能級向最低激發單重態狀態的能級的能量遷移，發光效率提高。另外，藉由調節電子傳輸性材料與電洞傳輸性材料的混合比，可調節激發錯合物的發光波長，提高能量遷移的效率。

【0156】 作為此種電子傳輸性材料，可列舉含有 π 電子不足型雜芳香環的化合物或金屬錯合物。具體而言，可例示：雙(2-甲基-8-

羥基喹啉)(4-苯基苯酚)鋁(III)、雙(8-羥基喹啉)鋅(II)、雙[2-(2-苯並噁唑基)苯酚]鋅(II)等金屬錯合物；2-(4-聯苯基)-5-(4-第三丁基苯基)1,3,4-噁二唑、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-第三丁基苯基)-1,2,4-三唑、2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯並咪唑等具有多唑骨架的雜環化合物；2-[3'-(二苯並噁吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f,h]噻噁啉、4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶等具有二噁骨架的雜環化合物；3,5-雙[3-(9H-呋唑-9-基)苯基]吡啶等具有吡啶骨架的雜環化合物。

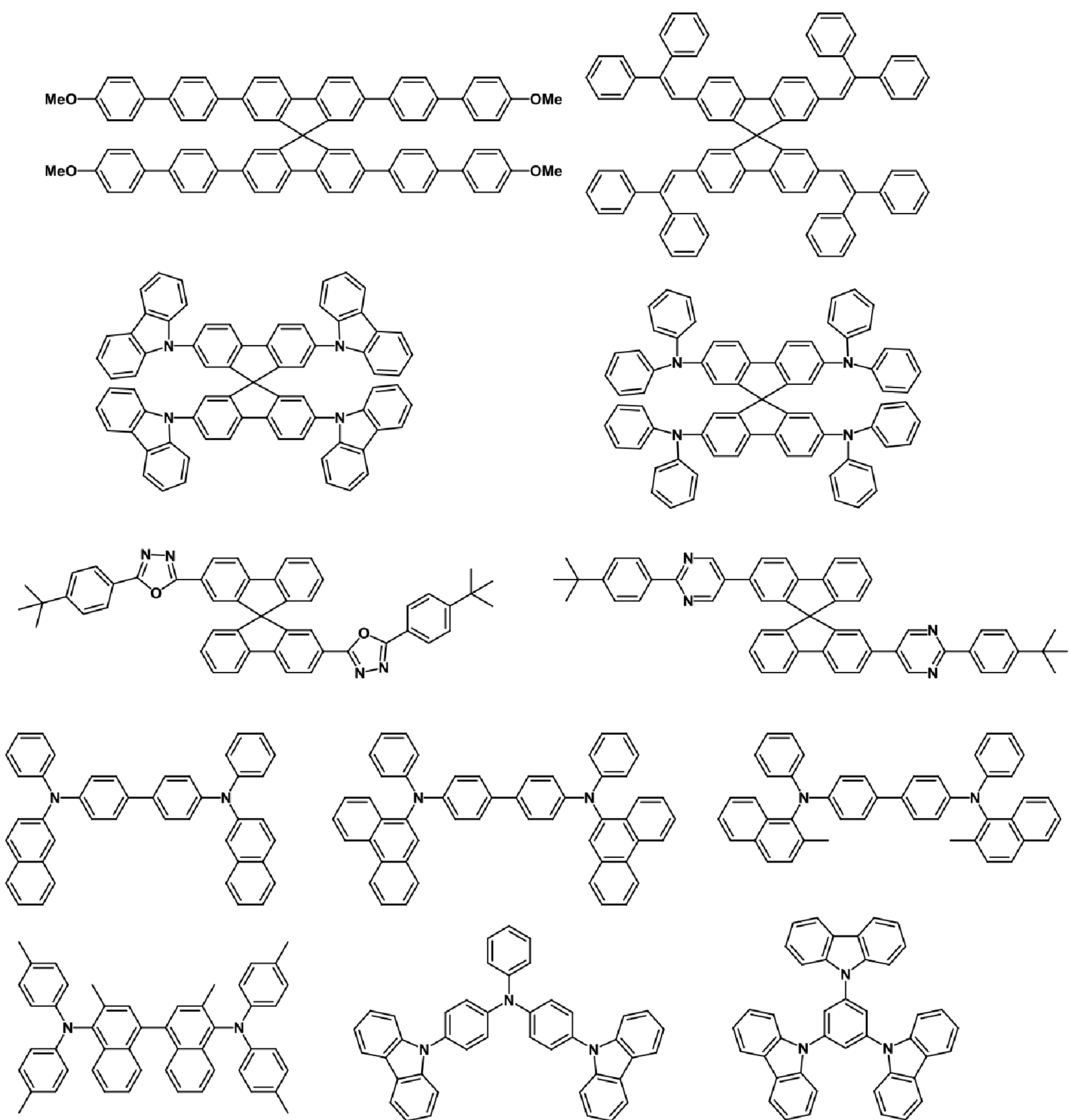
【0157】 另一方面，作為電洞傳輸性材料，可列舉含有 π 電子過剩型雜芳香環的化合物或芳香族胺化合物。具體而言，可例示：4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：NPB）、N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺（簡稱：TPD）、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)三苯基胺、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)三苯基胺、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)苯基]-螺-9,9'-二芴-2-胺等具有芳香族胺骨架的化合物；1,3-雙(N-呋唑基)苯、4,4'-二(N-呋唑基)聯苯(CBP)、3,3'-二(N-呋唑基)聯苯(mCBP)、1,3,5-三[4-(N-呋唑基)苯基]苯(TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-呋唑(CzPA)、1,4-雙[4-(N-呋唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯、9-苯基-9H-3-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)呋唑、3,6-雙[N-(9-苯基呋唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基呋唑(PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基呋唑-3-基)胺基]-9-苯基呋唑(PCzPCN1)、9-([1,1'-聯苯]-4-基)-9'-([1,1':4',1''-三聯苯]-4-基)-9H,9'H-3,3'-二呋唑、9-([1,1':4',1''-

三聯苯]-4-基)-9'-(蔡-2-基)-9H,9'H-3,3'-二咔唑、9,9',9''-三苯基-9H,9'H,9''H-3,3':6',3''-三咔唑等具有咔唑骨架的化合物；4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並噻吩)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯並噻吩等具有噻吩骨架的化合物；4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並呋喃)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯並呋喃等具有呋喃骨架的化合物。

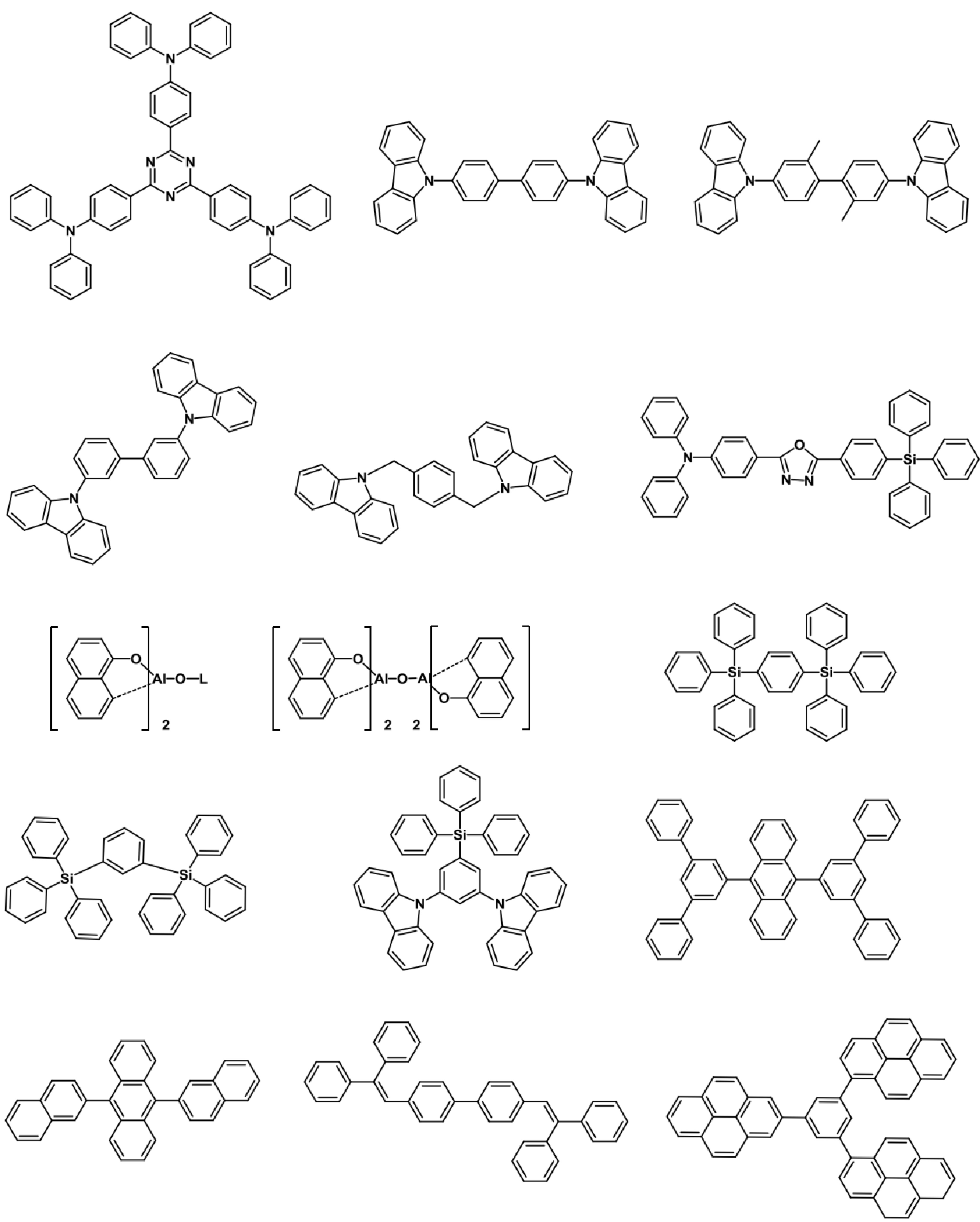
【0158】 於第一化合物為熱活化延遲螢光性材料的情況下，較佳為發光層進一步含有第三化合物，且第三化合物的最低激發單重態能量大於第一化合物的最低激發單重態能量。另外，進而佳為第三化合物的最低激發三重態能量大於第一化合物的最低激發三重態能量。藉此，第三化合物可具有將發光材料的能量封閉在發光層內的功能，可效率良好地發光。

【0159】 作為第三化合物，較佳為電荷傳輸能力高且玻璃轉移溫度高的有機化合物。作為第三化合物，並無特別限定，可列舉以下例子。

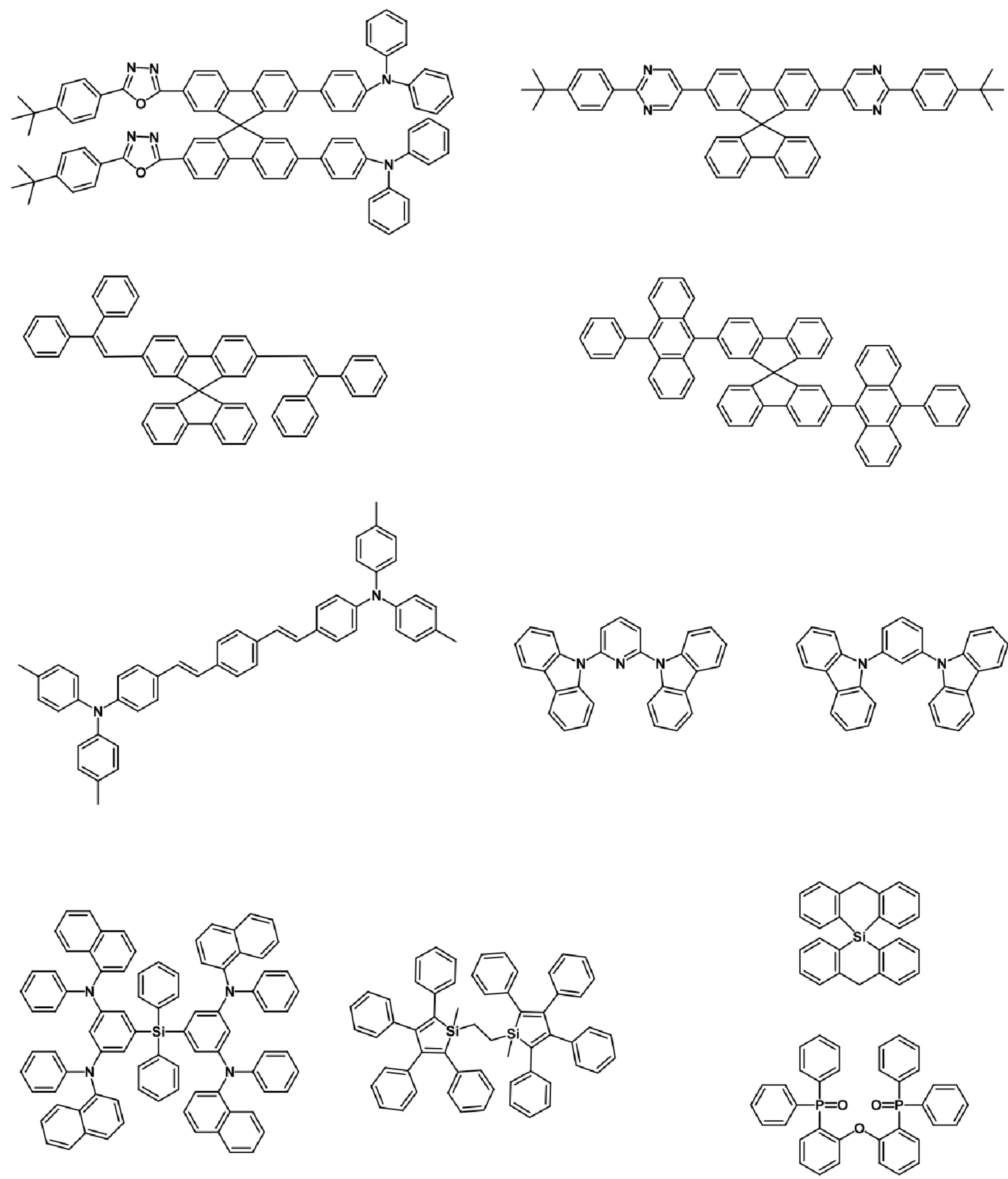
【0160】 [化 30]



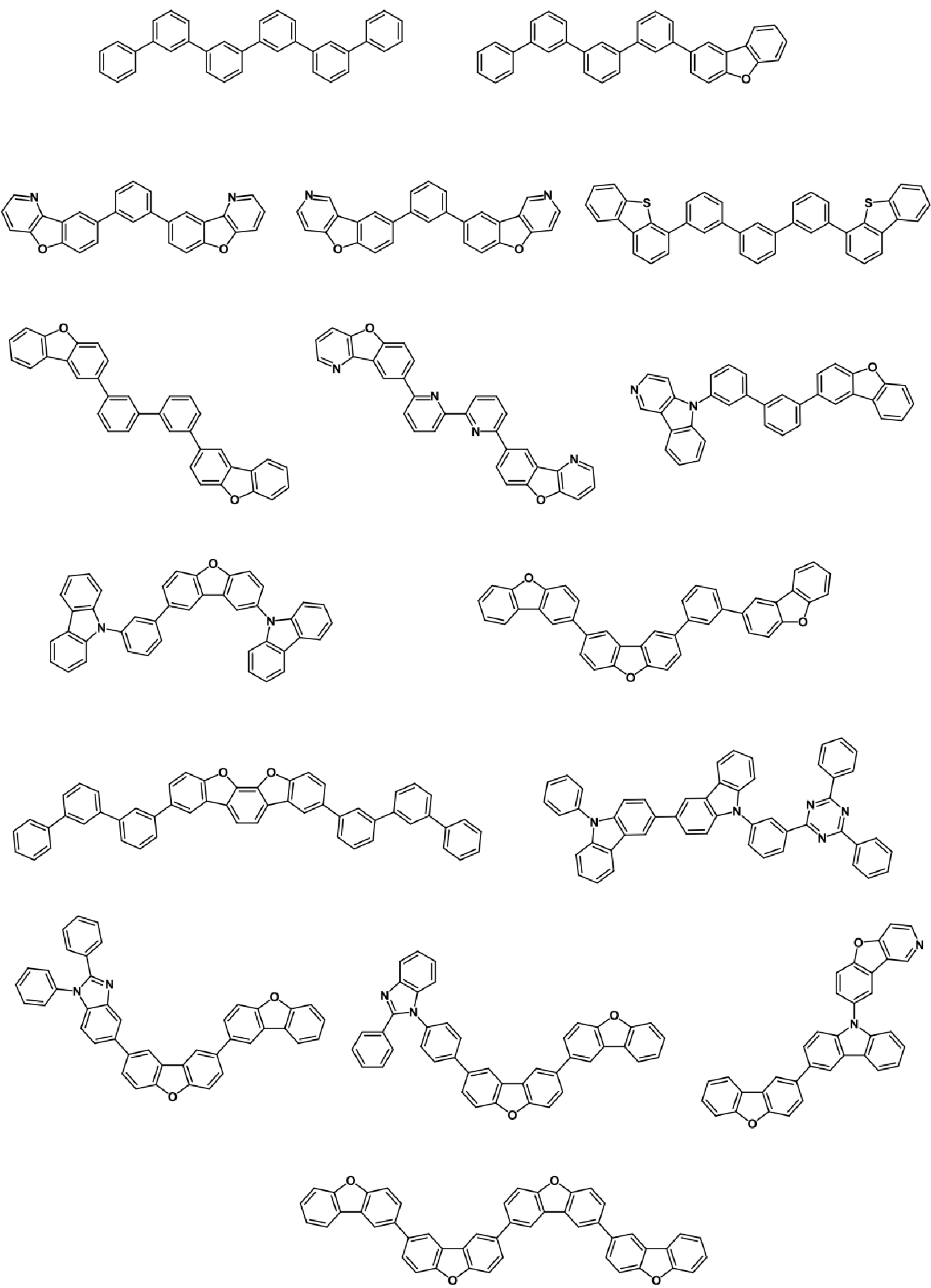
【0161】 [化 31]



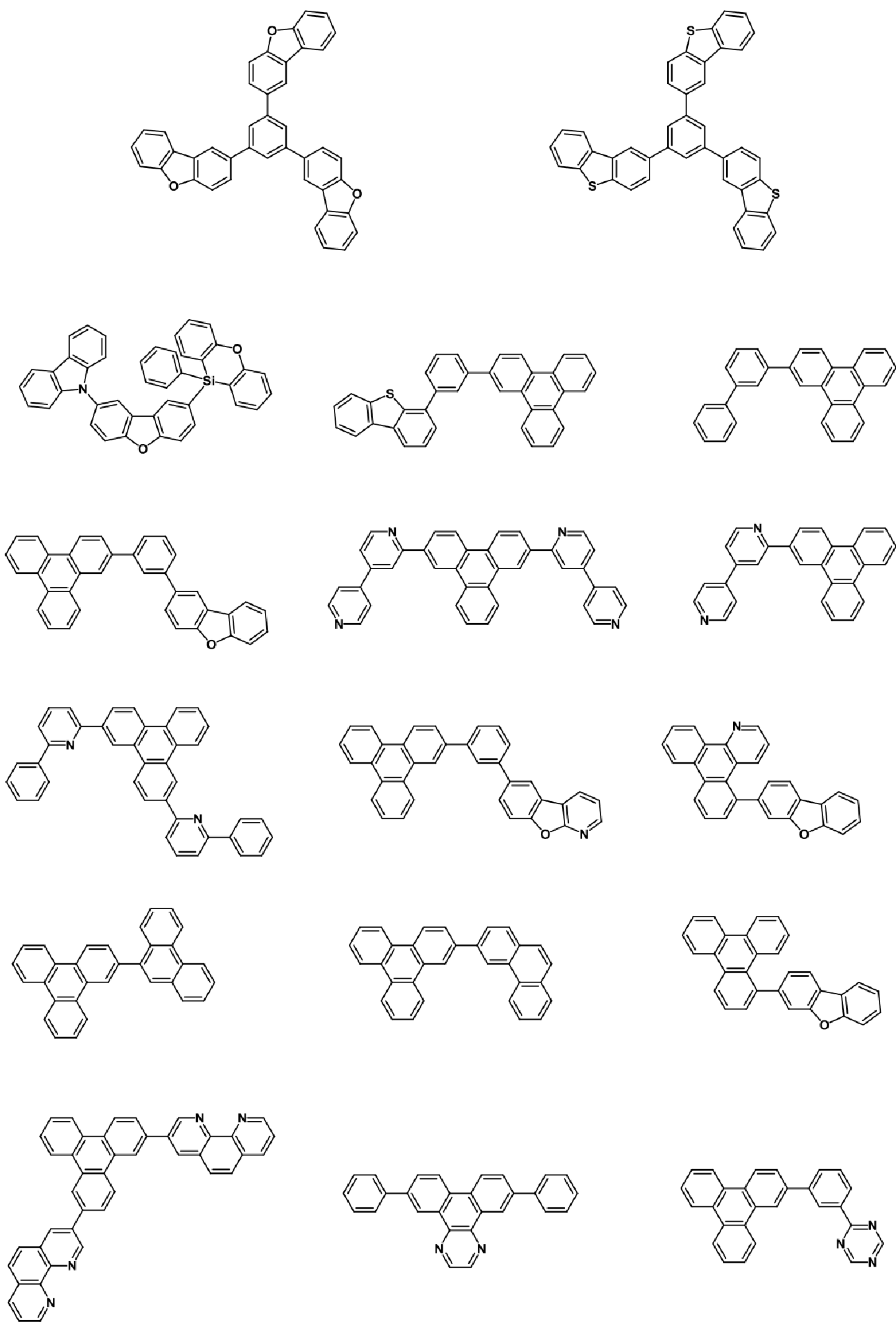
【 0162】 [化 32]



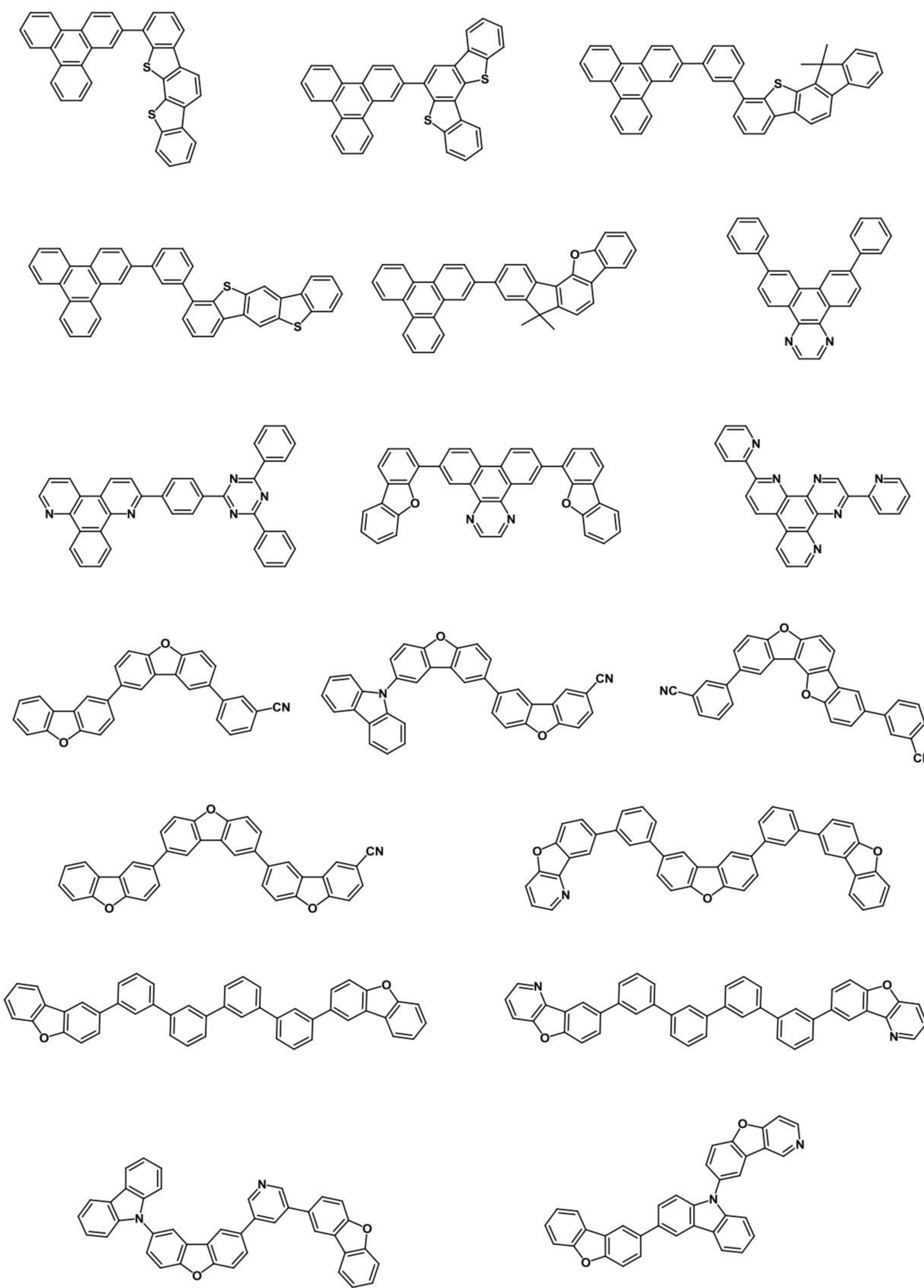
【 0163 】 [化 33]



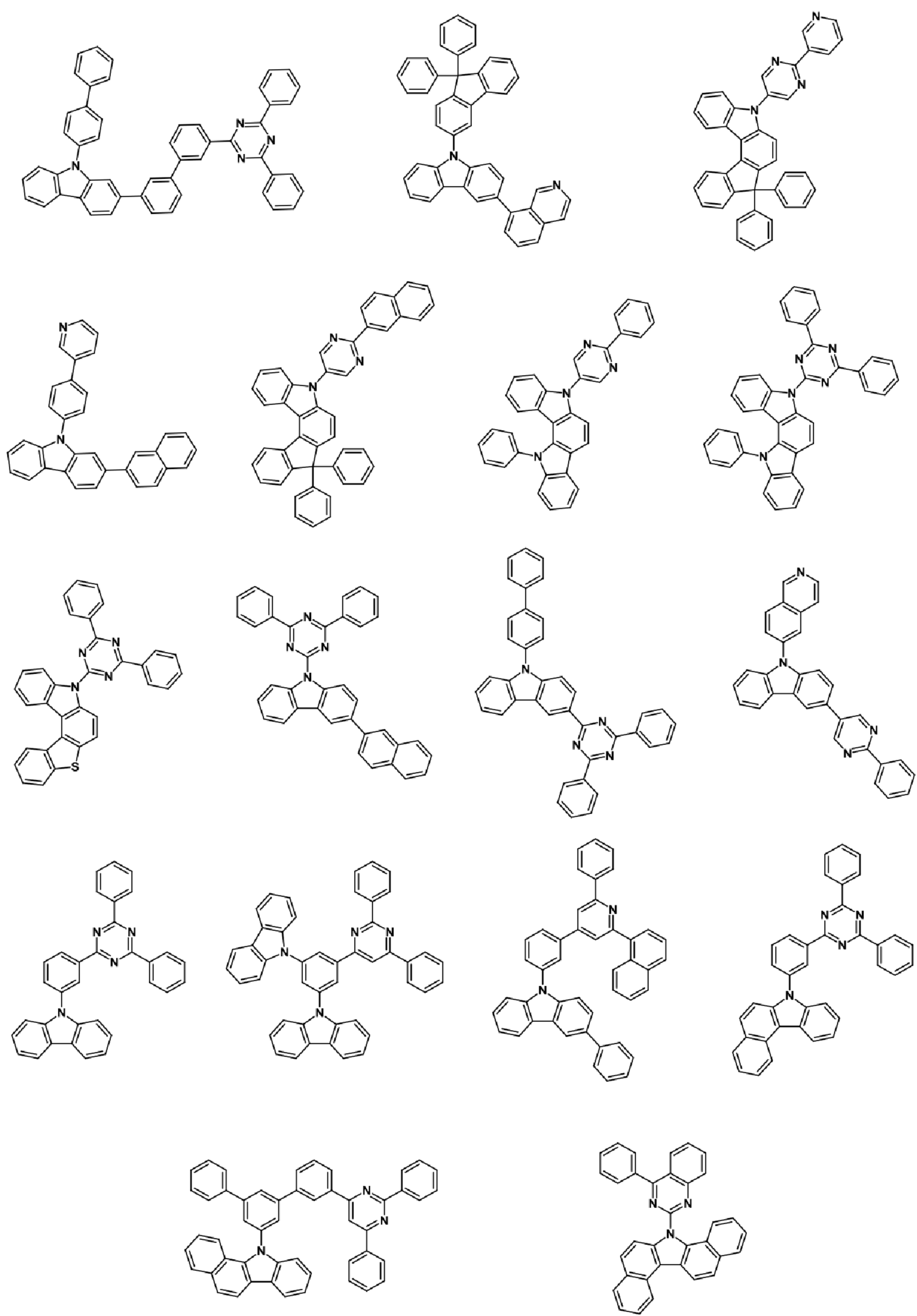
【0164】 [化 34]



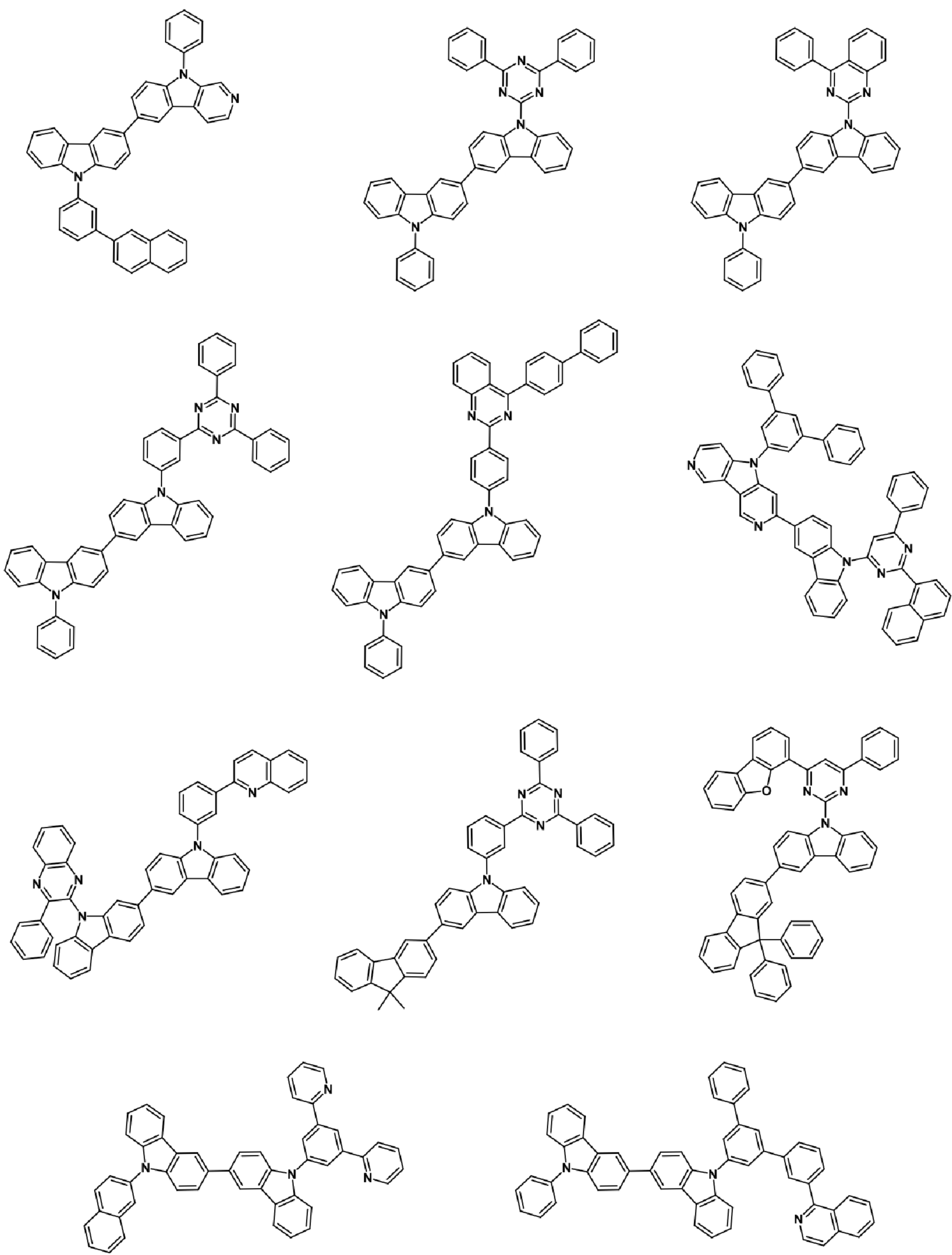
【 0165】 [化 35]



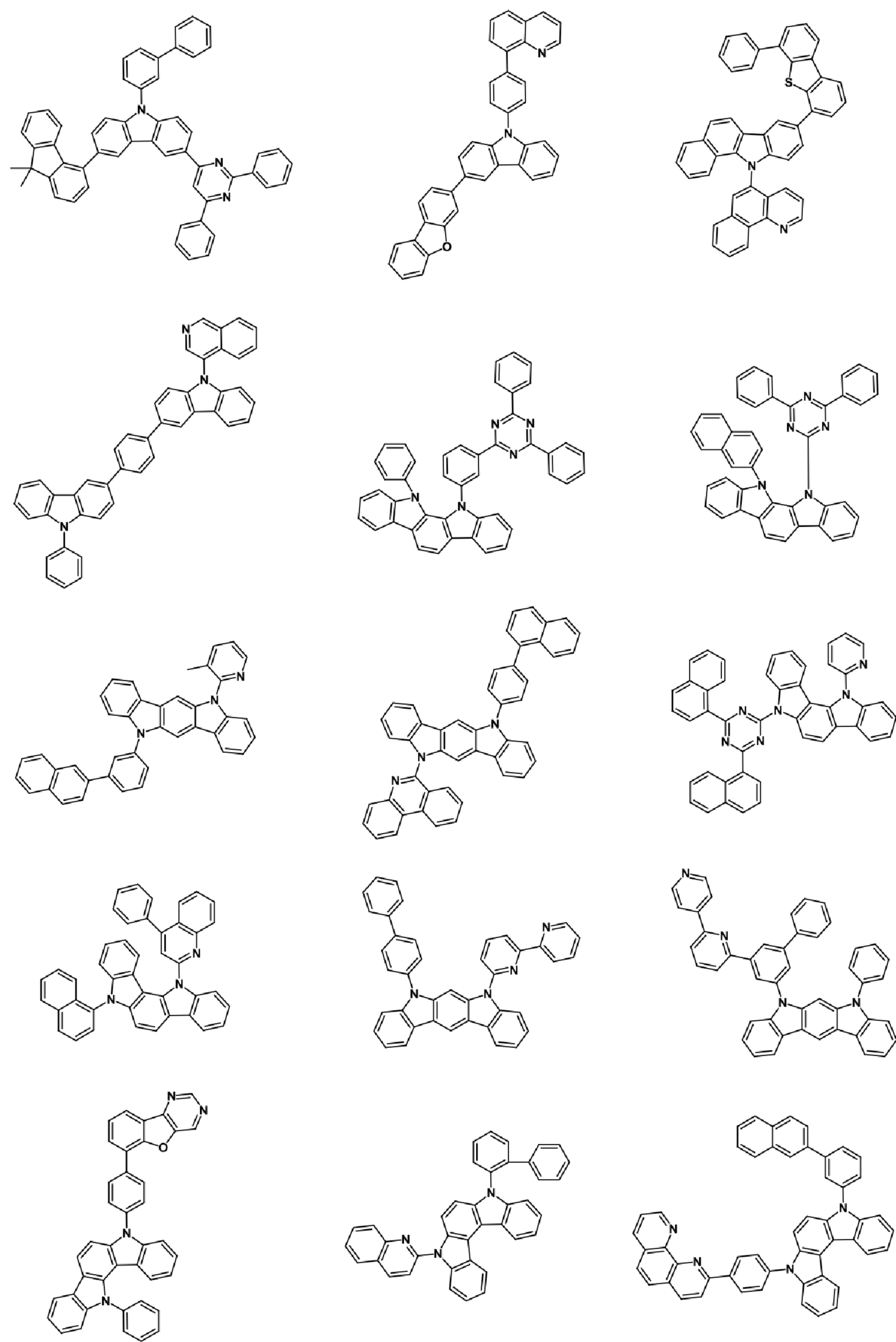
【0166】 [化 36]



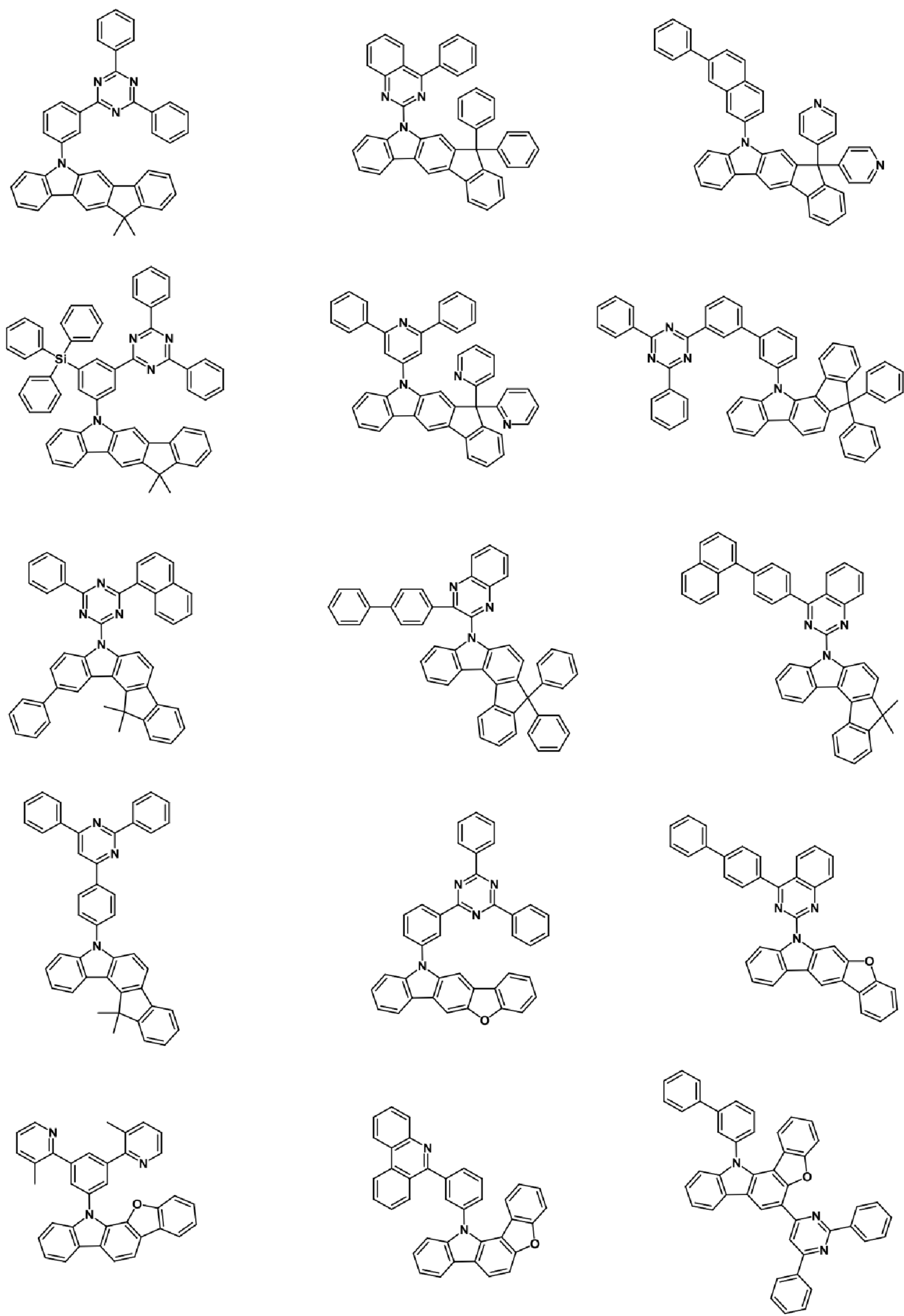
【0167】 [化 37]



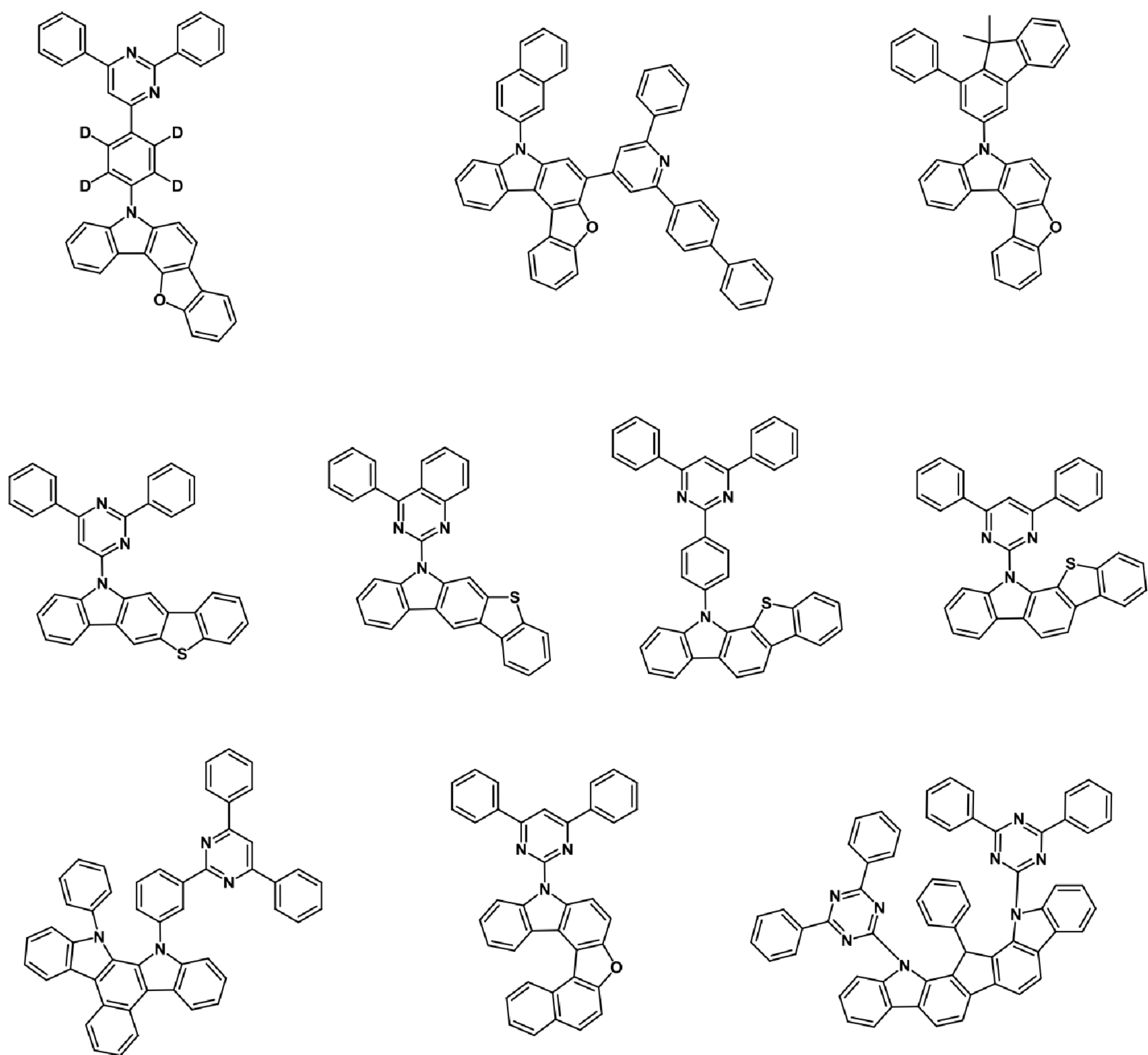
【 0168 】 [化 38]



【0169】 [化 39]



【0170】 [化 40]



【0171】 另外，第三化合物可由單一材料構成，亦可由兩種以上的材料構成。於使用兩種以上的材料作為第三化合物的情況下，較佳為電子傳輸性的第三化合物與電洞傳輸性的第三化合物的組合。藉由以適當的混合比組合電子傳輸性的第三化合物與電洞傳輸性的第三化合物，可調整發光層內的電荷平衡，抑制發光區域的偏移，從而可提高發光元件的可靠性，提高耐久性。另外，亦可於電子傳輸性的第三化合物與電洞傳輸性的第三化合物之間形成激發錯合物。就以上觀點而言，較佳為分別滿足式 1～式 4 的關係式。更佳為滿足式 1 及式 2，進而佳為滿足式 3 及式 4。另外，

進一步更佳為全部滿足式 1～式 4。

【0172】 S_1 （電子傳輸性的第三化合物） $> S_1$ （第一化合物）（式 1）

S_1 （電洞傳輸性的第三化合物） $> S_1$ （第一化合物）（式 2）

T_1 （電子傳輸性的第三化合物） $> T_1$ （第一化合物）（式 3）

T_1 （電洞傳輸性的第三化合物） $> T_1$ （第一化合物）（式 4）

此處， S_1 表示各化合物的最低激發單重態狀態的能階， T_1 表示各化合物的最低激發三重態狀態的能階。

【0173】 作為電子傳輸性的第三化合物，可列舉含有 π 電子不足型雜芳香環的化合物等。具體而言，可例示：2-(4-聯苯基)-5-(4-第三丁基苯基)-1,3,4-噁二唑（PBD）、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-第三丁基苯基)-1,2,4-三唑（TAZ）、1,3-雙[5-(對第三丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（OXD-7）、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑（CO11）、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯並咪唑)（TPBI）、2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯並咪唑（mDBTBIIm-II）等具有多唑骨架的雜環化合物；2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹噁啉（2mDBTPDBq-II）、2-[3'-(二苯並噁吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f,h]喹噁啉（2mDBTBPDBq-II）、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯並[f,h]喹噁啉（2CzPDBq-III）、7-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹噁啉（7mDBTPDBq-II）及 6-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹噁啉（6mDBTPDBq-II）、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)聯苯基-3-基]二苯並

[f,h]喹噁啉（2mCzBPDBq）等具有喹噁啉骨架或二苯並喹噁啉骨架的雜環化合物；4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶（4,6mPnP2Pm）、4,6-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶（4,6mCzP2Pm）、4,6-雙[3-(4-二苯並噻吩基)苯基]嘧啶（4,6mDBTP2Pm-II）等具有二噁骨架（嘧啶骨架或吡噁骨架）的雜環化合物；3,5-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶（3,5DCzPPy）、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯（TmPyPB）、3,3',5,5'-四[(間吡啶基)-苯-3-基]聯苯（BP4mPy）等具有吡啶骨架的雜環化合物。

【0174】 另外，作為所述電洞傳輸性的第三化合物，可列舉含有 π 電子過剩型雜芳香環的化合物等。具體而言，可例示 1,3-雙(N-咔唑基)苯、4,4'-二(N-咔唑基)聯苯（CBP）、3,3'-二(N-咔唑基)聯苯（mCBP）、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯（TCPB）、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（CzPA）、1,4-雙[4-(N-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯、9-苯基-9H-3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)咔唑、3,6-雙[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（PCzPCA2）、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)胺基]-9-苯基咔唑（PCzPCN1）、9-([1,1'-聯苯]-4-基)-9'-([1,1':4',1''-三聯苯]-4-基)-9H,9'H-3,3'-二咔唑、9-([1,1':4',1''-三聯苯]-4-基)-9'-([1,1':4',1''-三聯苯]-4-基)-9H,9'H-3,3'-二咔唑、9,9',9''-三苯基-9H,9'H,9''H-3,3':6',3''-三咔唑等具有咔唑骨架的化合物。

【0175】 （電子傳輸層）

電子傳輸層是自陰極注入電子並傳輸電子的層。作為電子傳

輸層中所使用的電子傳輸材料，要求為電子親和力大、電子遷移率大、穩定性優異、以及不易產生成為陷阱的雜質的物質。另外，低分子量的化合物容易結晶化而使膜質劣化，因此較佳為分子量為 400 以上的化合物。

【0176】 本發明中的電子傳輸層中亦包括可效率良好地阻擋電洞的遷移的電洞阻擋層作為相同含義者。電洞阻擋層設置於發光層與電子傳輸層之間。電洞阻擋層及電子傳輸層可由單獨的層構成，亦可將多種材料積層構成。

【0177】 作為電子傳輸材料，可列舉多環芳香族衍生物、苯乙烯基系芳香環衍生物、醌衍生物、氧化磷衍生物、三(8-羥基喹啉)鋁(III)等羥喹啉錯合物、苯並羥喹啉錯合物、羥基唑錯合物、次甲基偶氮(azomethine)錯合物、托酚酮(tropolone)金屬錯合物及黃酮醇金屬錯合物等各種金屬錯合物。就降低驅動電壓、可獲得高效率發光而言，較佳為使用具有含有電子接受性氮的雜芳基的化合物。此處，所謂電子接受性氮，表示在與鄰接原子之間形成有多重鍵的氮原子。含有電子接受性氮的雜芳基的電子親和力大，因此容易注入來自陰極的電子，可以更低的電壓驅動。另外，對發光層供給的電子變多，再結合概率變高，因此發光效率提高。作為具有含有電子接受性氮的雜芳基結構的化合物，例如可列舉吡啶衍生物、三嗪衍生物、吡嗪衍生物、嘧啶衍生物、喹啉衍生物、喹噁啉衍生物、喹唑啉衍生物、蔡啶衍生物、苯並喹啉衍生物、啡啉衍生物、咪唑衍生物、噁唑衍生物、噻唑衍生物、

三唑衍生物、噁二唑衍生物、噻二唑衍生物、苯並咪唑衍生物、苯並噁唑衍生物、苯並噻唑衍生物、菲並咪唑衍生物及聯吡啶或三聯吡啶等寡聚吡啶衍生物等作為較佳的化合物。其中，就電子傳輸能力的觀點而言，可較佳地使用三(N-苯基苯並咪唑-2-基)苯等咪唑衍生物、1,3-雙[(4-第三丁基苯基)-1,3,4-噁二唑基]伸苯等噁二唑衍生物；N-萘基-2,5-二苯基-1,3,4-三唑等三唑衍生物；2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-啡啉（bathocuproin）或 1,3-雙(1,10-啡啉-9-基)苯等啡啉衍生物；2,2'-雙(苯並[h]喹啉-2-基)-9,9'-螺二芴等苯並喹啉衍生物；2,5-雙(6'-(2',2''-聯吡啶基))-1,1-二甲基-3,4-二苯基矽羅等聯吡啶衍生物；1,3-雙(4'-(2,2':6'2''-三聯吡啶基))苯等三聯吡啶衍生物；雙(1-萘基)-4-(1,8-萘啶-2-基)苯基膦氧化物等萘啶衍生物及三嗪衍生物。

【0178】 另外，若該些衍生物具有縮合多環芳香族骨架，則玻璃轉移溫度提高，且電子遷移率變大，可實現低電壓化，因此更佳。作為此種縮合多環芳香族骨架，更佳為熒蒽骨架、蒽骨架、芘骨架或啡啉骨架，尤佳為熒蒽骨架或啡啉骨架。

【0179】 電子傳輸材料可單獨使用，亦可將兩種以上混合使用。另外，電子傳輸層亦可含有施體性材料。此處，所謂施體性材料，是指藉由改善電子注入障壁而使自陰極或電子注入層向電子傳輸層的電子注入變容易，進而提高電子傳輸層的導電性的化合物。

【0180】 作為施體性材料的較佳例，可列舉：Li 等鹼金屬、LiF 等含有鹼金屬的無機鹽、喹啉醇鋰等鹼金屬與有機物的錯合物、

鹼土金屬、含有鹼土金屬的無機鹽、鹼土金屬與有機物的錯合物、Eu 或 Yb 等稀土金屬、含有稀土金屬的無機鹽、稀土金屬與有機物的錯合物等。作為施體性材料，尤佳為金屬鋰、稀土金屬、喹啉醇鋰（Li_q）。

【0181】 （電子注入層）

本發明中，亦可於陰極與電子傳輸層之間設置電子注入層。一般電子注入層是出於幫助電子自陰極向電子傳輸層的注入的目的而形成，包含：具有含有電子接受性氮的雜芳基環結構的化合物、或所述施體性材料。較佳為後述的通式（30）所表示的啡啉衍生物。

【0182】 另外，電子注入層亦可使用絕緣體或半導體的無機物。藉由使用該些材料，可防止發光元件的短路，且可提高電子注入性，因此較佳。

【0183】 作為此種絕緣體，較佳為使用選自由鹼金屬硫屬化物、鹼土金屬硫屬化物、鹼金屬的鹵化物以及鹼土金屬的鹵化物所組成的群組中的至少一種金屬化合物。

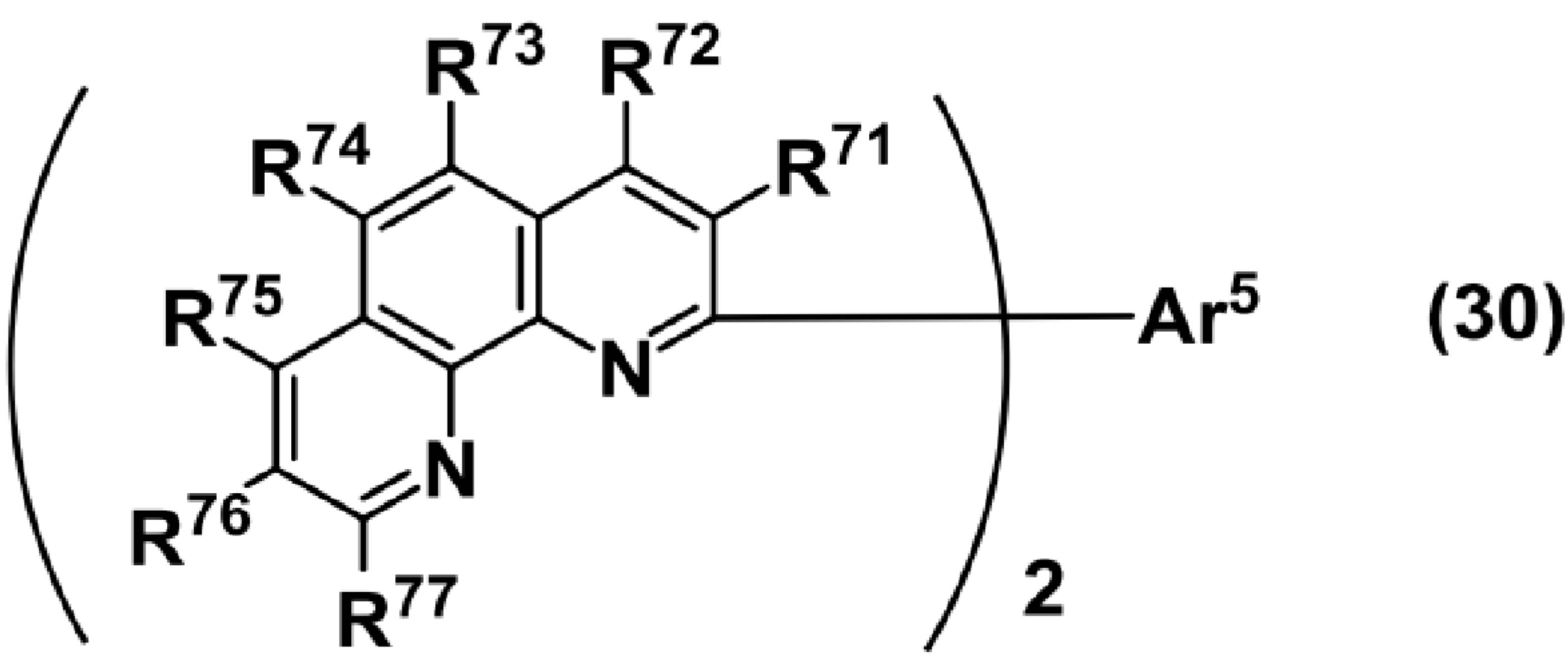
【0184】 （電荷產生層）

本發明中的電荷產生層可由一層形成，亦可積層多層而形成。另外，一般將容易產生電子作為電荷者稱為 n 型電荷產生層，將容易產生電洞者稱為 p 型電荷產生層。電荷產生層較佳為包含兩層。具體而言，較佳為用作包含 n 型電荷產生層及 p 型電荷產生層的 pn 接合電荷產生層。所述 pn 接合電荷產生層藉由於發光

元件中施加電壓而產生電荷，或者將電荷分離為電洞及電子，將該些電洞及電子經由電洞傳輸層及電子傳輸層注入發光層。具體而言，於積層有多個發光層的發光元件中，作為中間層發揮功能。 n 型電荷產生層向存在於陽極側的第一發光層供給電子， p 型電荷產生層向存在於陰極側的第二發光層供給電洞。因此，可改善積層有多個發光層的發光元件的發光效率，可降低驅動電壓，亦提高元件的耐久性。

【0185】 所述 n 型電荷產生層包含 n 型摻雜劑及主體，該些可使用先前的材料。主體與 n 型摻雜劑的比率較佳為主體/ n 型摻雜劑 = 99.5/0.5 ~ 50/50 的範圍，進而佳為 99/1 ~ 90/10 的範圍。作為 n 型摻雜劑，可較佳地使用所述施體性材料，具體而言，可使用鹼金屬、鹼土金屬或稀土金屬。其中，較佳為鹼金屬或其鹽、或者稀土金屬，進而佳為金屬鋰、氟化鋰（LiF）、喹啉醇鋰（Li_q）或金屬鎂。另外，作為主體，可較佳地使用所述電子傳輸層中所使用的電子傳輸材料，其中，較佳為使用三嗪衍生物、啡啉衍生物及寡聚吡啶衍生物，進而佳為通式（30）所表示的啡啉衍生物。

【0186】 [化 41]

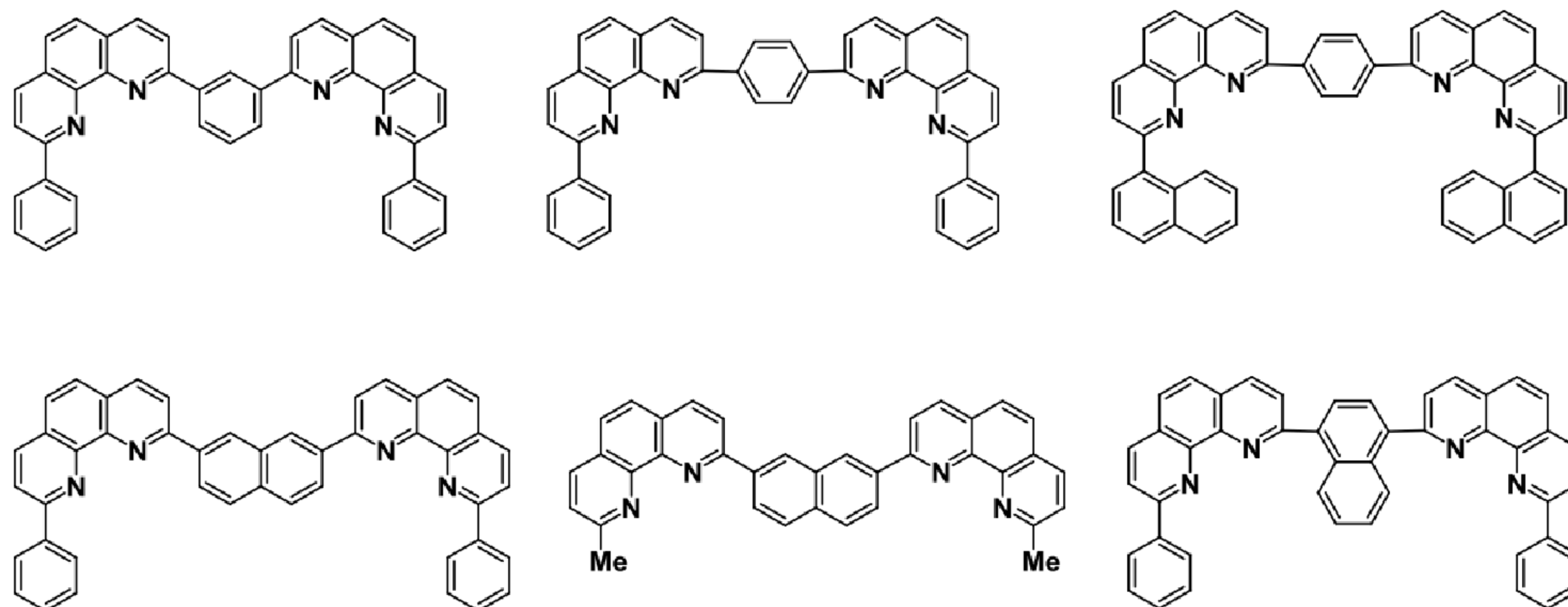


【0187】 Ar^5 為經兩個啡啉基取代的芳基。取代位置為任意位置。所述芳基亦可於其他位置具有其他取代基。作為所述芳基，就合成容易性、昇華性的觀點而言，較佳為選自苯基、萘基、菲基、芘基及蒽基中。

【0188】 $\text{R}^{71} \sim \text{R}^{77}$ 分別可相同亦可不同，且選自氫原子、烷基、環烷基、雜環基、芳基、雜芳基中。特別是就化合物的穩定性及電荷遷移容易性的觀點而言，較佳為選自氫原子、烷基、芳基、雜芳基中。

【0189】 作為通式 (30) 所表示的啡啉衍生物，可例示下述物質。

【0190】 [化 42]



【0191】 所述 p 型電荷產生層包含 p 型摻雜劑及主體，該些可使用先前的材料。例如，作為 p 型摻雜劑，可較佳地使用所述電洞注入層中使用的受體性化合物。具體而言，可使用 1,4,5,8,9,11-六氮雜聯三伸苯-六甲腈（HAT-CN6）、四氟-7,7,8,8-四氰基醌二甲烷（F4-TCNQ）、四氰基醌二甲烷衍生物、軸烯衍生物、碘、 FeCl_3 、 FeF_3 及 SbCl_5 等。尤佳為 1,4,5,8,9,11-六氮雜聯三伸苯-六甲腈（HAT-CN6）或(2E,2'E,2''E)-2,2',2''-(環丙烷-1,2,3-三亞基)三(2-(全氟苯基)-乙腈)、(2E,2'E,2''E)-2,2',2''-(環丙烷-1,2,3-三亞基)三(2-(4-氰基全氟苯基)-乙腈)等軸烯衍生物。所述受體性化合物可單獨形成薄膜。該情況下，受體性化合物的薄膜更佳為膜厚 10 nm 以下。作為主體，較佳為芳基胺衍生物。

【0192】 （發光元件的形成方法）

作為構成發光元件的所述各層的形成方法，可為乾式製程或濕式製程中的任一種，可使用電阻加熱蒸鍍、電子束蒸鍍、濺鍍、分子積層法、塗佈法、噴墨法、印刷法等。雖無特別限定，但通

常就元件特性的方面而言，較佳為電阻加熱蒸鍍。

【0193】 有機層的厚度取決於發光物質的電阻值，因此無法限定，但較佳為 1 nm～1000 nm。發光層、電子傳輸層及電洞傳輸層的膜厚分別較佳為 1 nm 以上且 200 nm 以下，進而佳為 5 nm 以上且 100 nm 以下。

【0194】 （發光元件的特性）

本發明的實施形態的發光元件具有可將電能轉換為光的功能。此處，作為電能，主要使用直流電流，但亦可使用脈衝電流或交流電流。電流值及電壓值並無特別限制，根據元件的目的而要求的特性值不同，就元件的消耗電力或壽命的觀點而言，較佳為以低電壓獲得高亮度。

【0195】 本發明的實施形態的發光元件較佳為藉由通電而呈現峰值波長為 580 nm 以上且 750 nm 以下的紅色發光。就擴大色域、提高顏色再現性的觀點而言，峰值波長較佳為 600 nm 以上且 650 nm 以下的區域，更佳為 600 nm 以上且 640 nm 以下的區域。

【0196】 另外，就提高顏色純度的觀點而言，本發明的實施形態的發光元件較佳為通電引起的發光光譜的半值寬度為 60 nm 以下，更佳為 50 nm 以下，進而佳為 45 nm 以下。

【0197】 本發明的發光元件由於發光光譜的半值寬度窄，因此如上所述，更佳為用於頂部發光型的發光元件。頂部發光型發光元件藉由微腔所帶來的共振效果，半值寬度越窄，發光效率越高。因此，可使高顏色純度與高發光效率併存。

【0198】 （發光元件的用途）

本發明的發光元件例如可較佳地用作以矩陣及/或分段（segment）方式顯示的顯示器等顯示裝置。

【0199】 本發明的實施形態的發光元件亦可較佳地用作各種設備等的背光。背光主要是出於提高自身不發光的顯示器等顯示裝置的視認性的目的而使用，可用於液晶顯示器、時鐘、音頻裝置、汽車面板、顯示板及標識等顯示裝置中。特別是本發明的發光元件可較佳地用於液晶顯示器中正在研究薄型化的個人電腦用途的背光中，可提供較先前更為薄型且輕量的背光。

【0200】 本發明的發光元件亦可較佳地用作照明裝置。本發明的實施形態的發光元件可使高發光效率與高顏色純度併存，進而，可實現薄型化及輕量化，因此可實現兼具低消耗電力、鮮明的發光色、高設計性的照明裝置。

[實施例]

【0201】 以下，列舉實施例對本發明進行說明，但本發明並不受該些例子限定。

【0202】 合成例 1

化合物 D-1 的合成方法

將吡咯（20-1）2.5 g 與 2,4,6-三甲基苯甲醛 0.64 g 溶解於二氯甲烷 50 ml 中，向其中加入 10 滴三氟乙酸，於氮氣流下在 25℃ 下攪拌 24 小時。於加入水後，分離有機層，且於利用飽和食鹽水 50 ml 清洗後，添加硫酸鎂，進行過濾。使用蒸發器自濾液中去除

溶媒，獲得作為殘留物的吡咯亞甲基體（20-2）。

【0203】 將所得的吡咯亞甲基體（20-2）溶解於 1,2-二氯乙烷 50 ml 中，加入二氯二氰基苯醌（Dichloro Dicyano Benzoquinone，DDQ）1.0 g，於氮氣流下在室溫下攪拌 2 小時。接著，加入二異丙基乙胺 5 ml 與三氟化硼二乙醚錯合物 3.5 ml，於 80℃ 下攪拌 1 小時。於將反應液冷卻至室溫後，注入水 50 ml，利用乙酸乙酯 50 ml 進行萃取。於將有機層利用水 50 ml 清洗後，添加硫酸鎂，進行過濾。使用蒸發器自濾液中去除溶媒，接著藉由矽膠管柱層析法（庚烷/甲苯=1/2）對殘留物進行精製。進而向濃縮的精製物中加入甲醇 50 ml，於 60℃ 下加熱攪拌 10 分鐘後放冷，過濾所析出的固體並進行真空乾燥，獲得紅紫色粉末 1.7 g。藉由高效液相層析儀奈拉（Nexera）X2/四極型質譜儀 LCMS-2020（島津製作所製造，以下相同）分析所得的粉末，確認紅紫色粉末為作為吡咯亞甲基金屬錯合物的化合物 D-1。

【0204】 化合物 D-1：MS（m/z）分子量：754

化合物 D-1 在溶液中的發光特性以如下方式測定。首先，將化合物 D-1 溶於甲苯中，製備 1.0×10^{-5} mol/L 稀溶液。其次，將該稀溶液注入至 1 cm 見方石英玻璃槽中。接著，將裝有該稀溶液的槽設置於各裝置的規定部位，進行發光特性評價。具體而言，使用分光光度計 U-3010（日立高新技術（Hitachi High-tech Science）製造）測定波長 300 nm～800 nm 的範圍的光的吸收光譜，使用螢光磷光分光光度計弗洛麥（FluoroMax-4P）（堀場製作所製造）測

定激發光 450 nm 下的發光光譜，使用螢光量子產率測定裝置 C11347-01（濱松光子（Hamamatsu Photonics）（股）製造）測定激發光 540 nm 下的螢光量子產率。

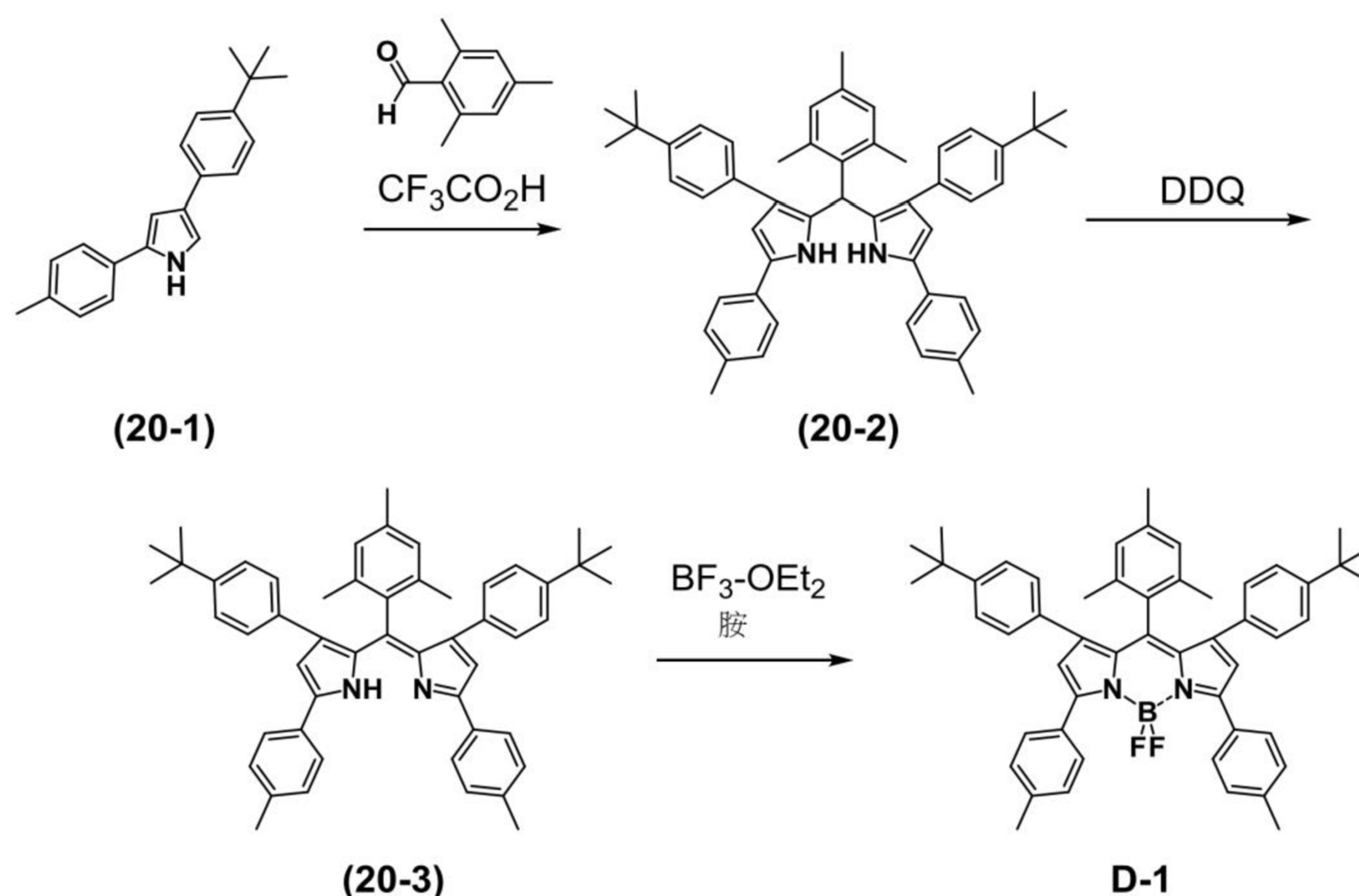
【0205】 吸收光譜（溶媒：甲苯）： $\lambda_{\max}$ 為 572 nm

發光光譜（溶媒：甲苯）： $\lambda_{\max}$ 為 606 nm、半值寬度為 36 nm

螢光量子產率（溶媒：甲苯，激發光：540 nm）：95%

為了進一步提高純度，利用以下方法進行昇華精製。於玻璃管中設置裝入有化合物 D-1 的金屬容器，於使用油擴散泵減壓至 1×10^{-3} Pa 的狀態下，於 270°C 下加熱後昇華。回收附著在玻璃管壁的固體，藉由液相層析質譜法（Liquid Chromatography-Mass Spectrometry，LC-MS）分析確認純度為 99%。

【0206】 [化 43]



【0207】 合成例 2

化合物 D-2 的合成方法

將吡咯（21-1）1.3 g、2,4,6-三甲基苯甲醯氯 0.71 g 與鄰二甲苯 70 ml 的混合溶液於氮氣流下在 130℃ 下加熱攪拌 5 小時。於冷卻至室溫後添加甲醇，於過濾所析出的固體後，進行真空乾燥，獲得酮吡咯（21-2）1.8 g。

【0208】 其次，將與酮吡咯（21-2）1.8 g、吡咯（21-3）1.1 g、三氟甲烷磺酸酐 0.83 g 及甲苯 30 ml 的混合溶液於氮氣流下在 110℃ 下加熱攪拌 6 小時。於冷卻至室溫後，注入水 50 ml，利用乙酸乙酯 50 ml 進行萃取。於將有機層利用水 50 ml 清洗後，添加硫酸鎂，進行過濾。使用蒸發器自濾液中去除溶媒，獲得作為殘留物的吡咯亞甲基體（21-4）。

【0209】 接著，於氮氣流下，於所得的吡咯亞甲基體與甲苯 60 ml 的混合溶液中加入二異丙基乙胺 5 ml 與三氟化硼二乙醚錯合物 3.5 ml，於 80℃ 下攪拌 1 小時。接著，注入水 50 ml，利用乙酸乙酯 50 ml 萃取。於將有機層利用水 50 ml 清洗後，添加硫酸鎂，進行過濾。使用蒸發器自濾液中去除溶媒，接著藉由矽膠管柱層析法（庚烷/甲苯=1/2）對殘留物進行精製。進而向濃縮的精製物中加入甲醇 50 ml，於 60℃ 下加熱攪拌 10 分鐘後放冷，過濾所析出的固體並進行真空乾燥，獲得紅紫色粉末 1.6 g。藉由 LC-MS 分析所得的粉末，確認紅紫色粉末為作為吡咯亞基金屬錯合物的化

合物 D-2。

【0210】 化合物 D-2：MS (m/z) 分子量：813

與化合物 D-1 的方法同樣地測定化合物 D-2 在溶液中的發光特性。

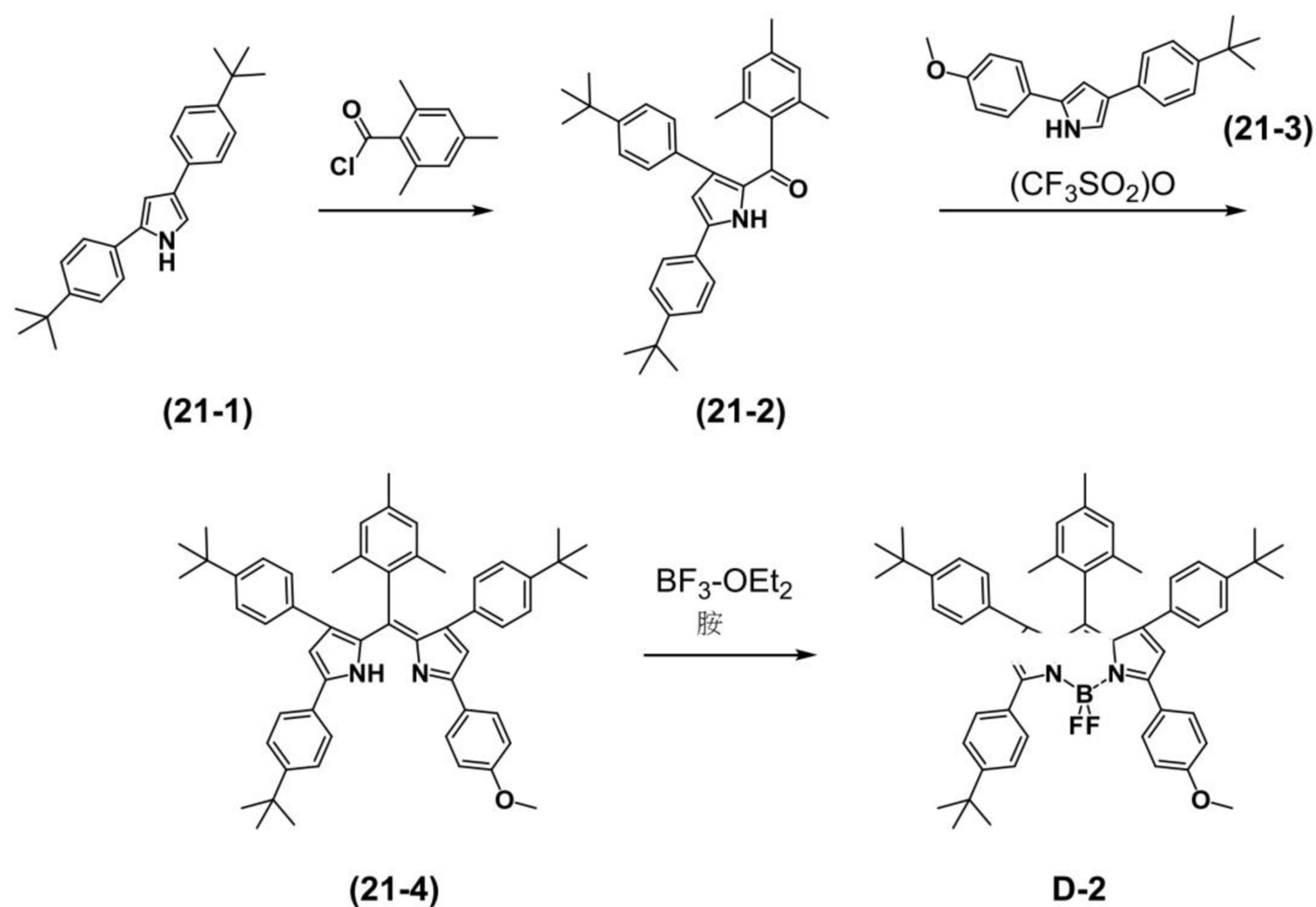
【0211】 吸收光譜 (溶媒：甲苯)： $\lambda_{\max}$ 為 584 nm

發光光譜 (溶媒：甲苯)： $\lambda_{\max}$ 為 619 nm、半值寬度為 38 nm

螢光量子產率 (溶媒：甲苯，激發光：540 nm)：95%

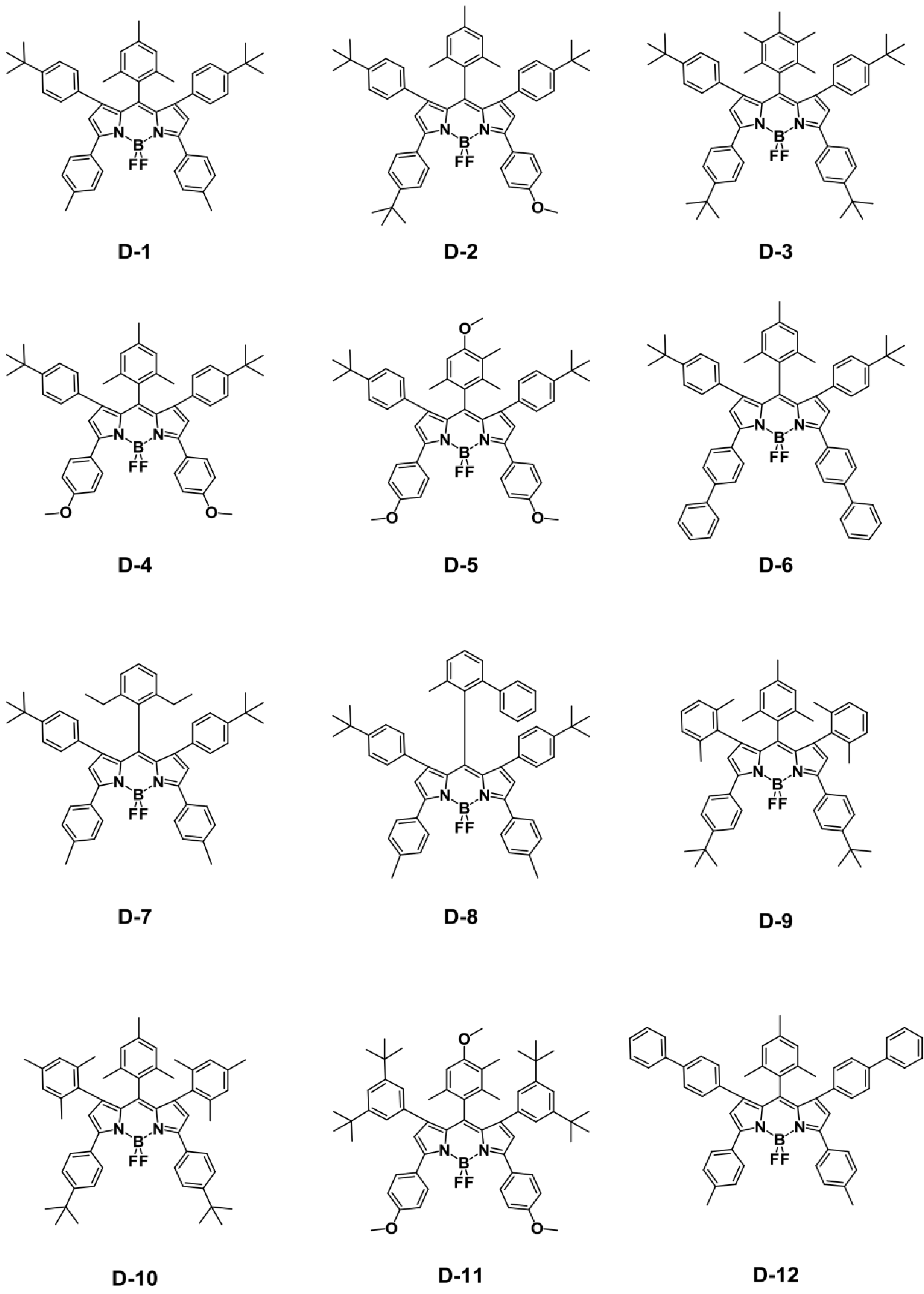
為了進一步進行精製，利用與化合物 D-1 同樣的方法進行昇華精製，藉由 LC-MS 分析確認純度為 99%。

【0212】 [化 44]

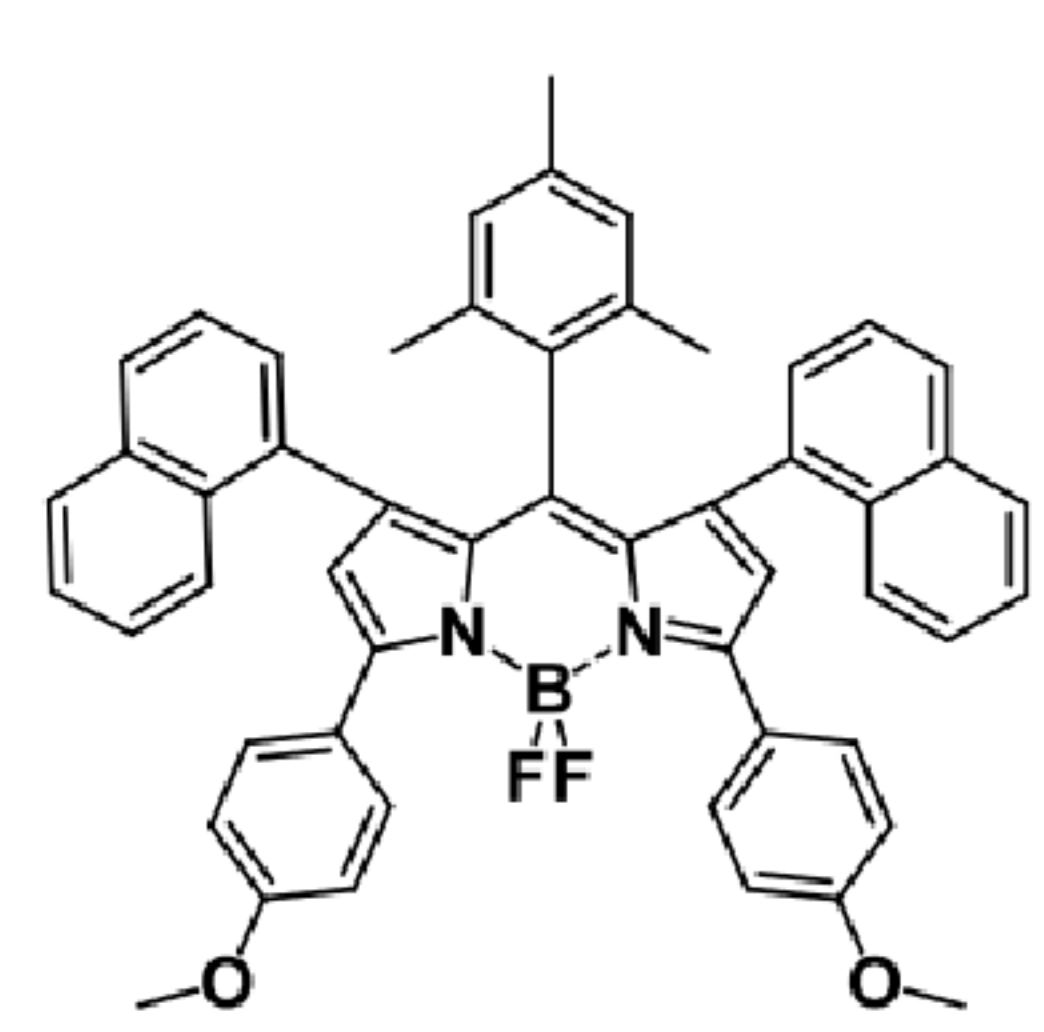


【0213】 下述實施例及比較例中使用的吡咯亞甲基金屬錯合物
是以下所示的化合物。另外，該些吡咯亞甲基金屬錯合物化合物
在甲苯溶液中的分子量、發光特性如表 1 所示。

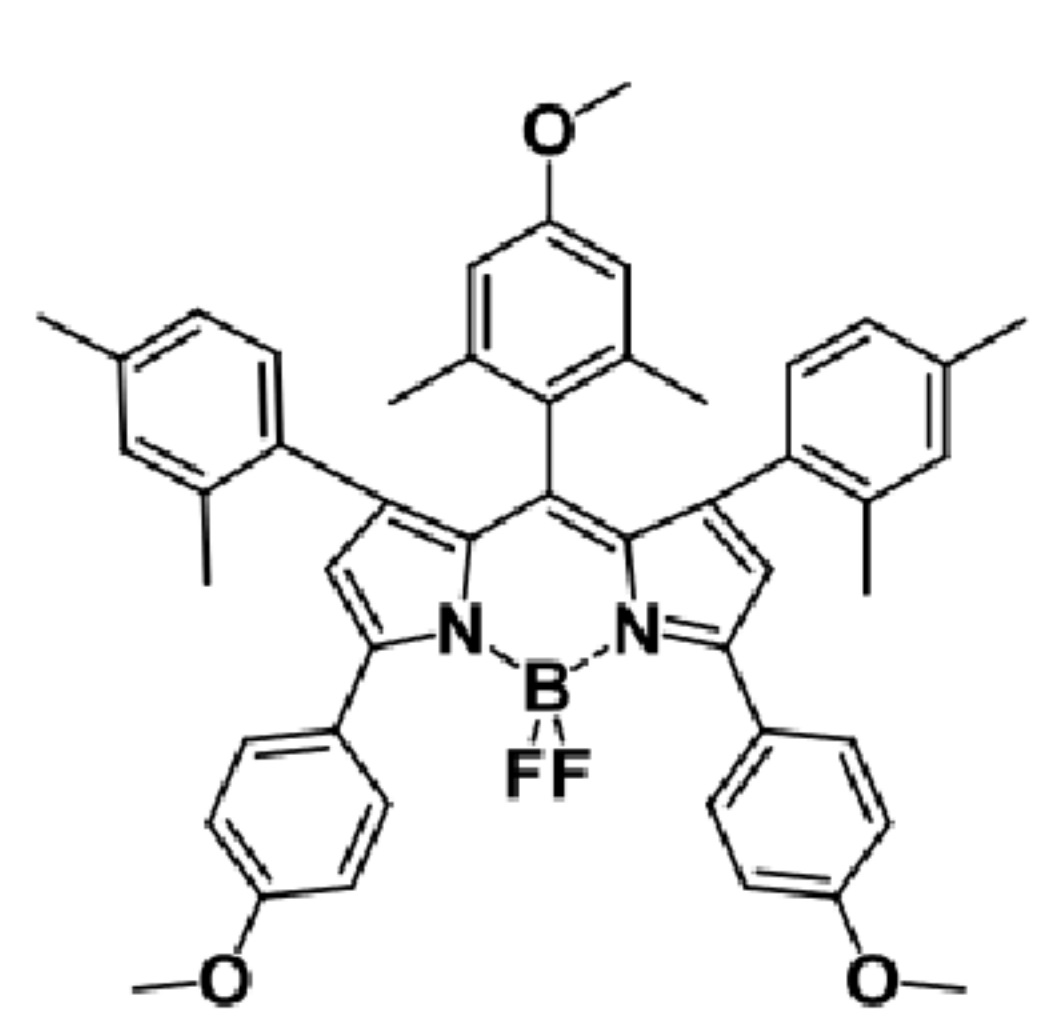
【0214】 [化 45]



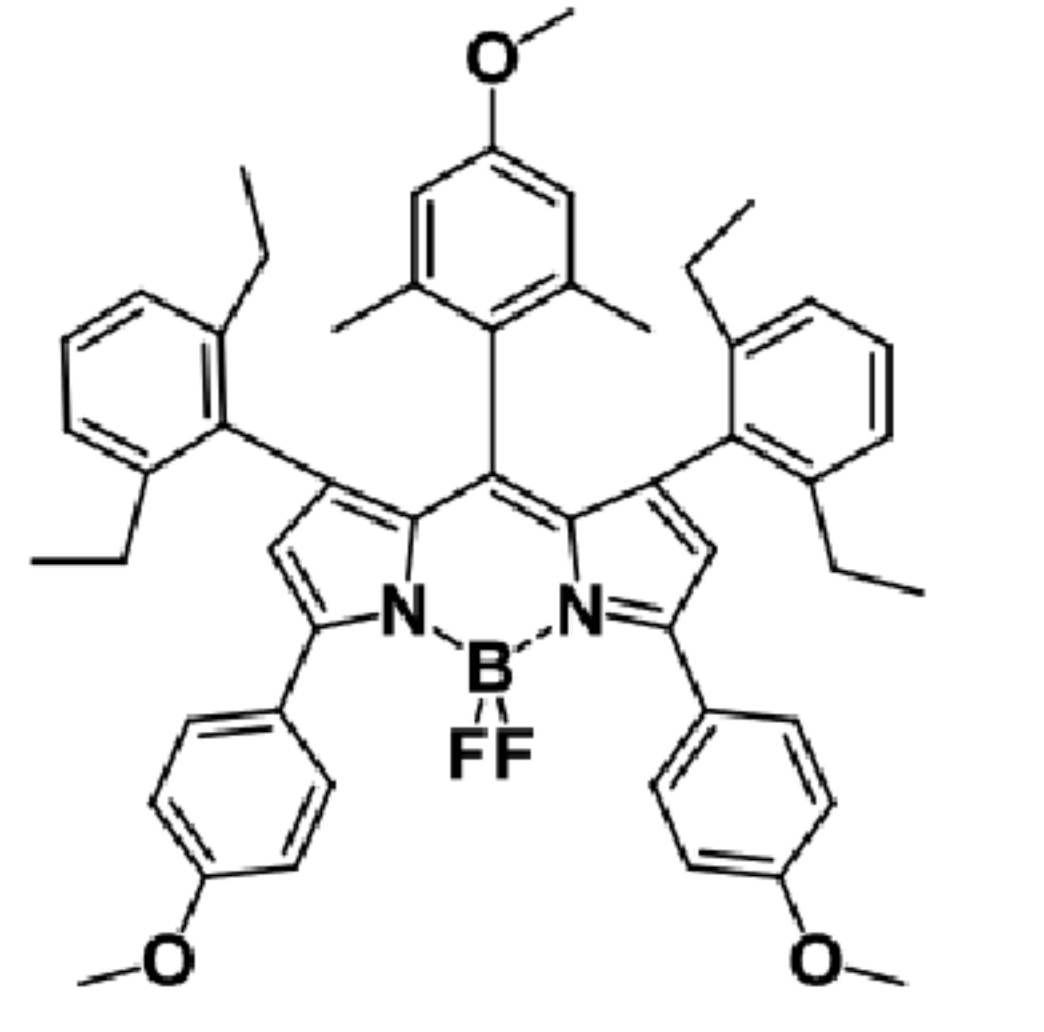
【 0215】 [化 46]



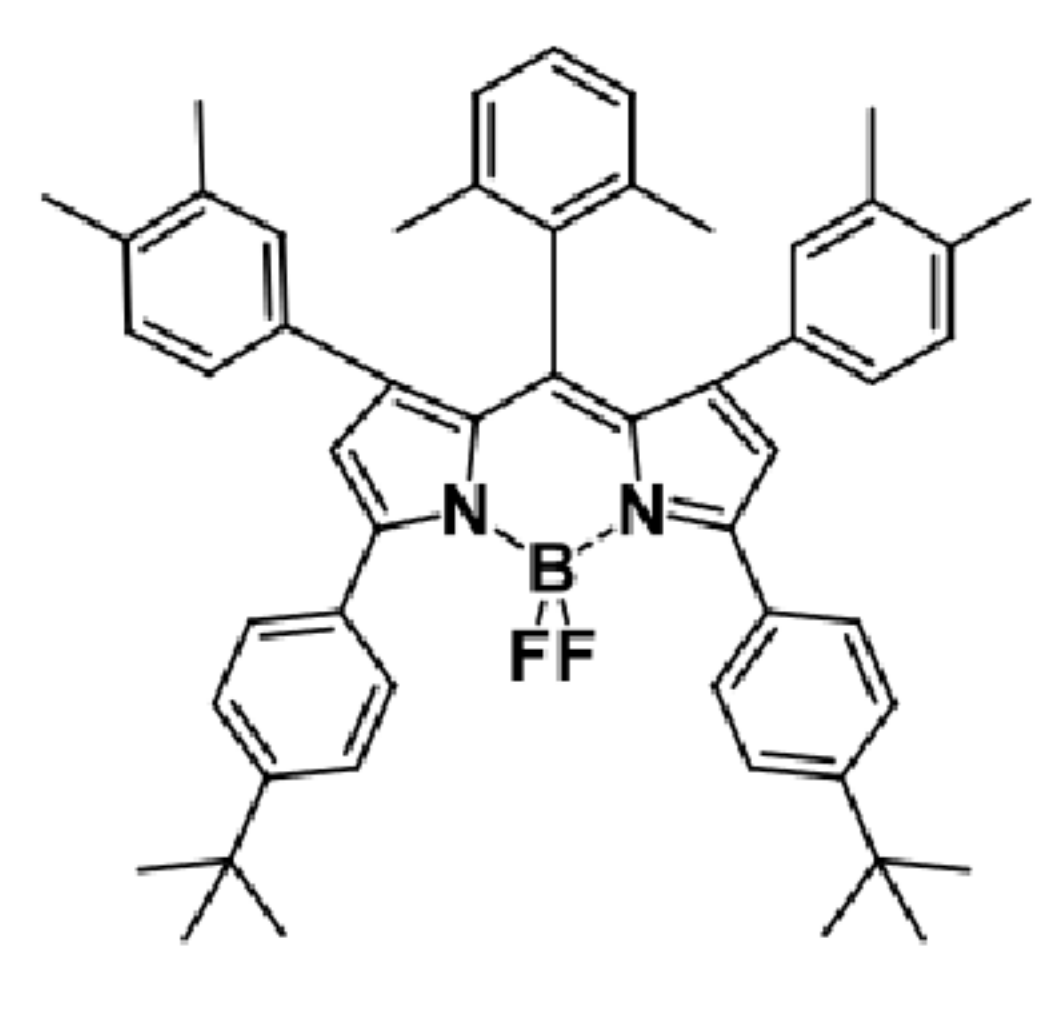
D-13



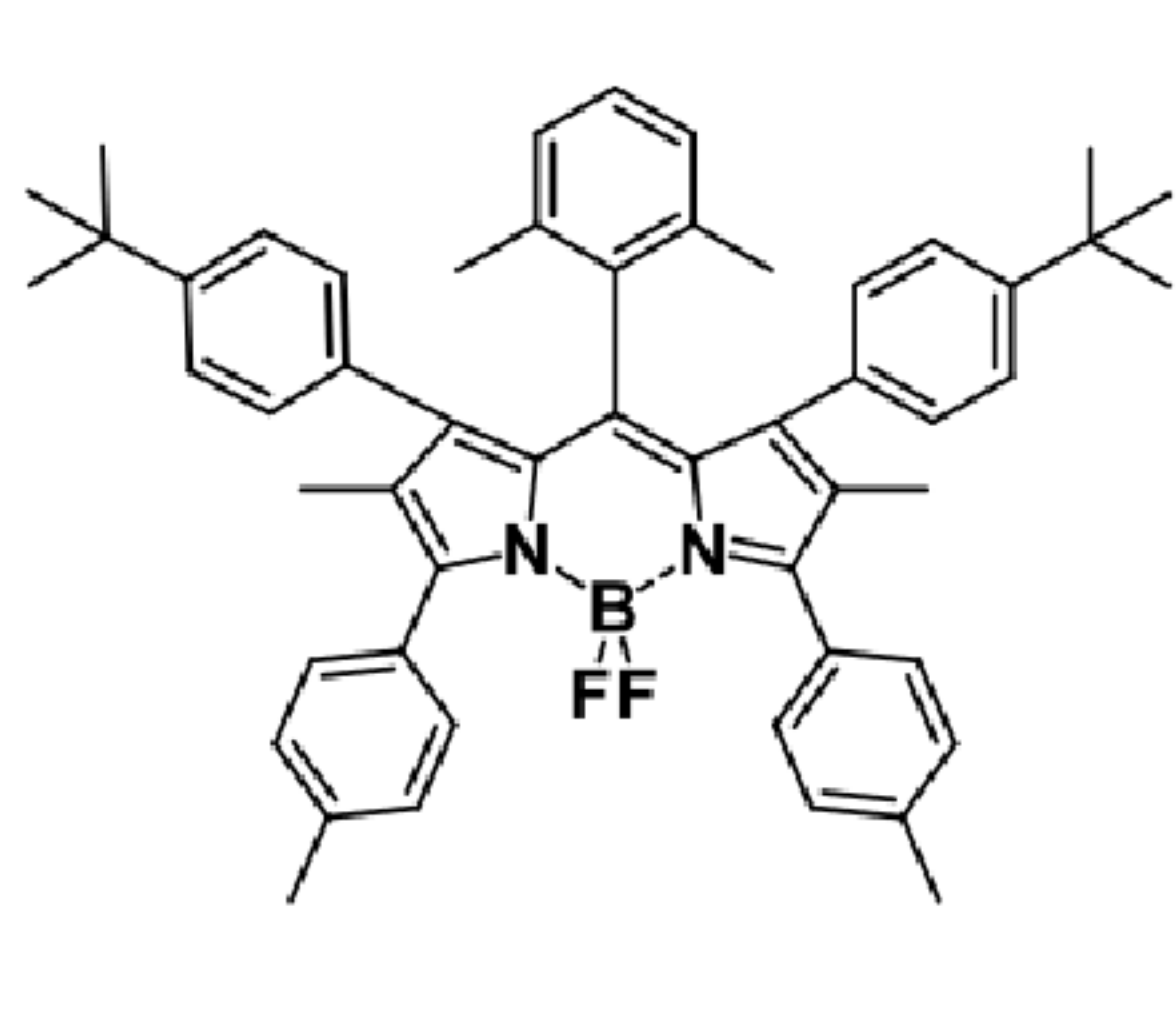
D-14



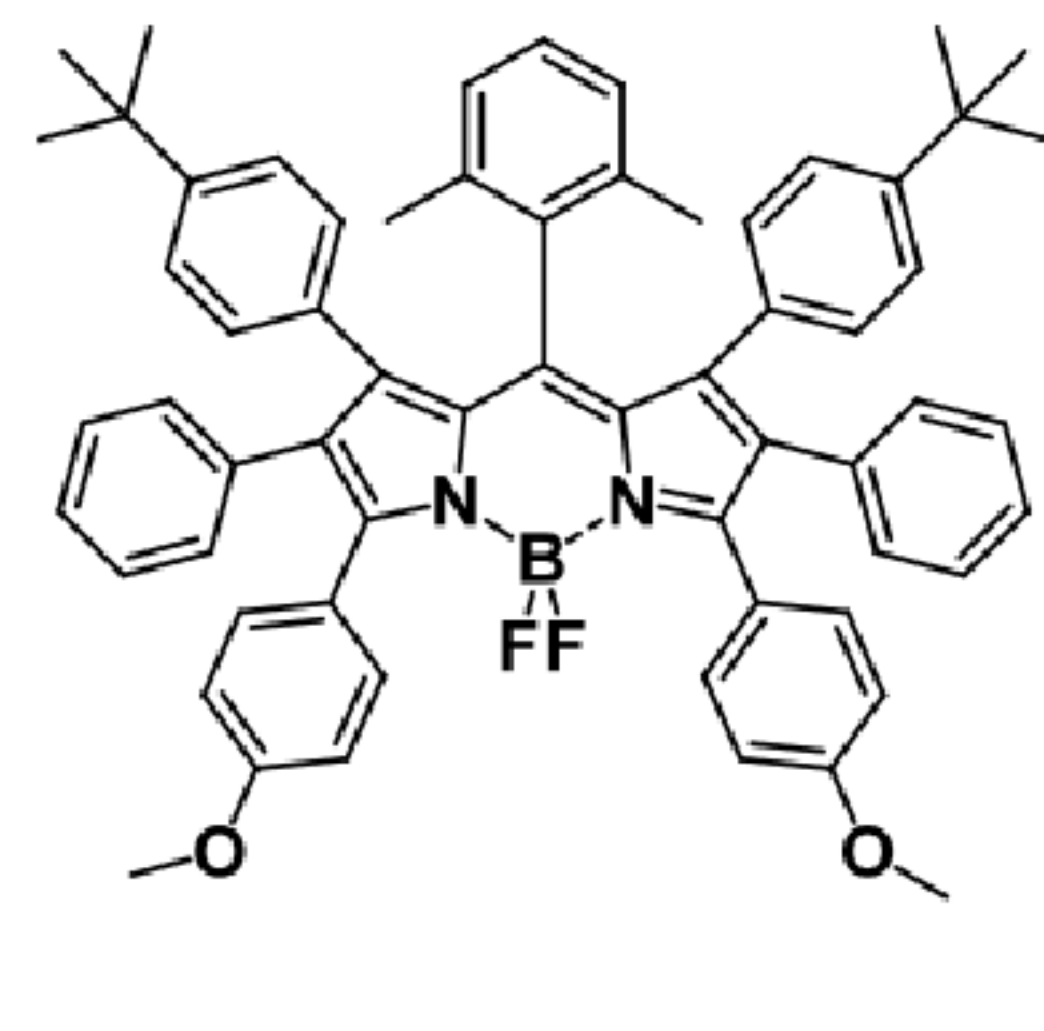
D-15



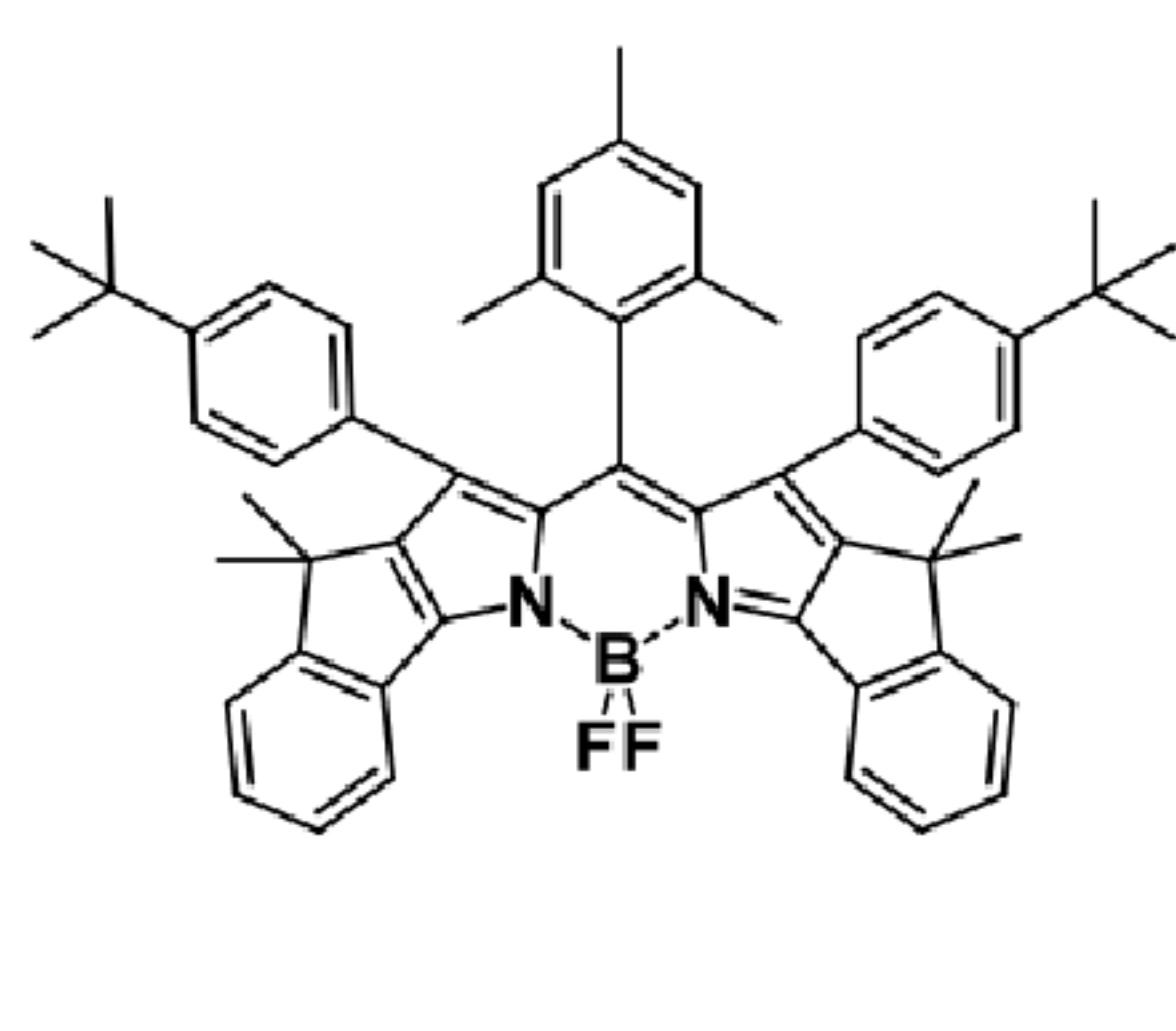
D-16



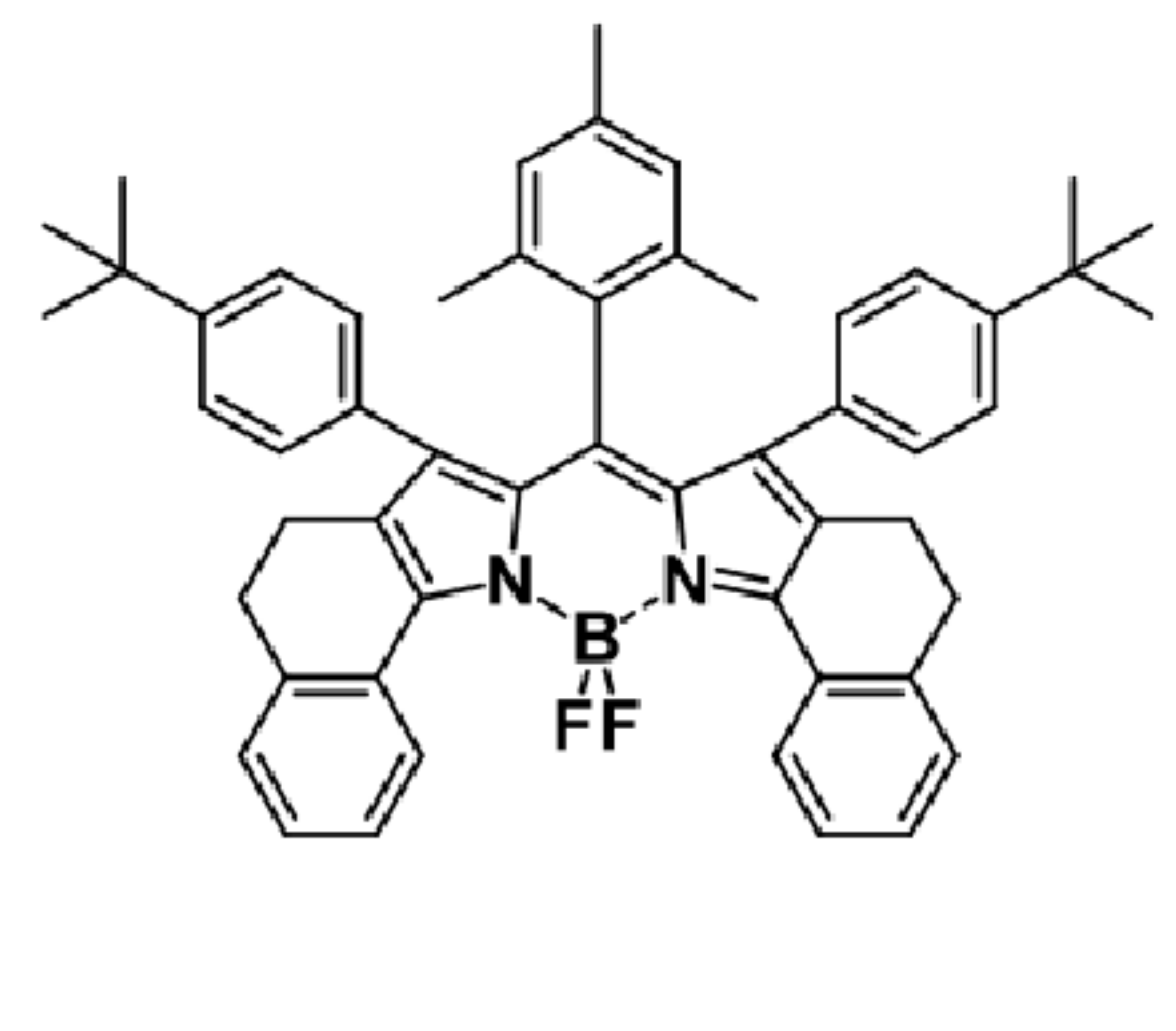
D-17



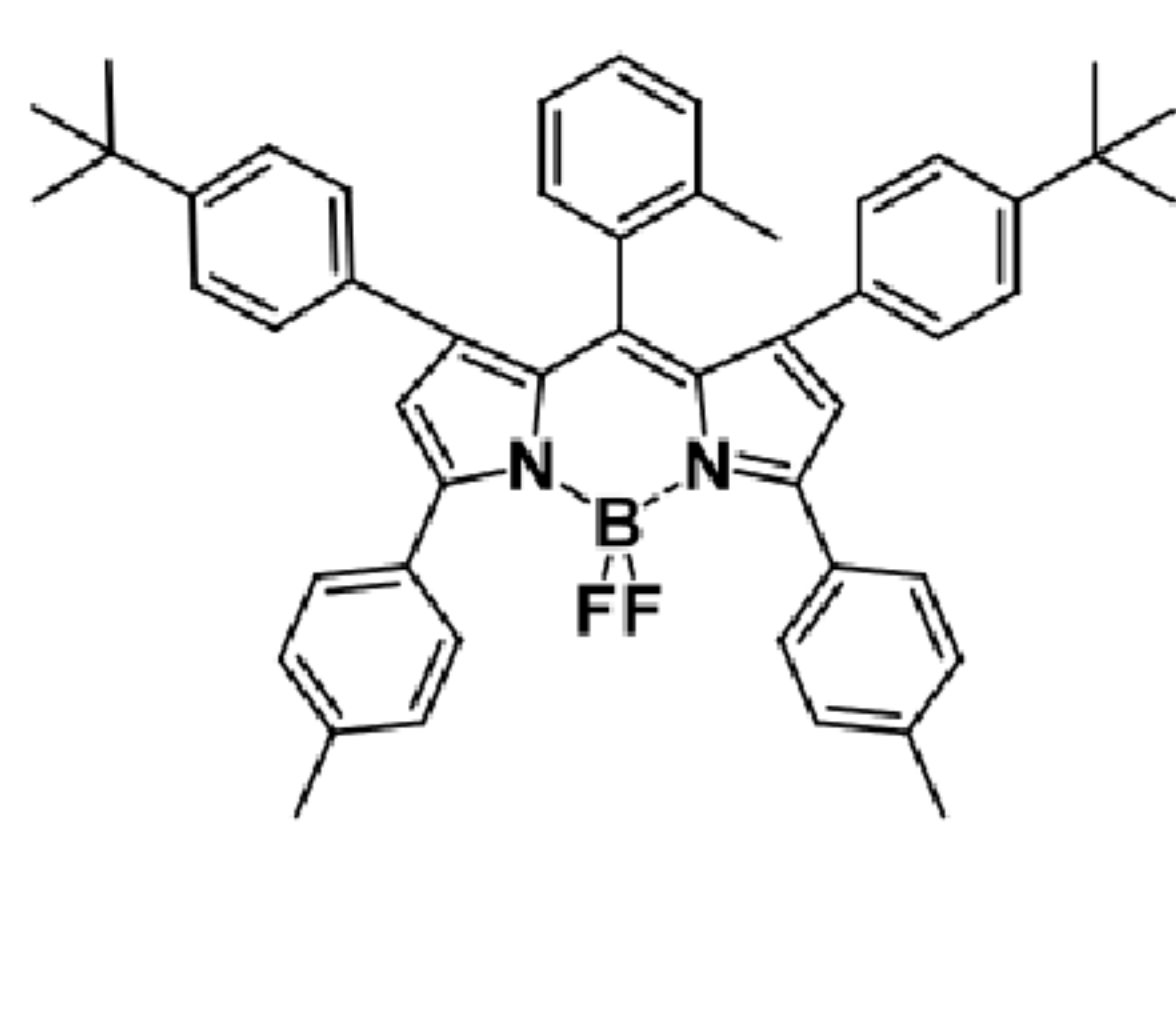
D-18



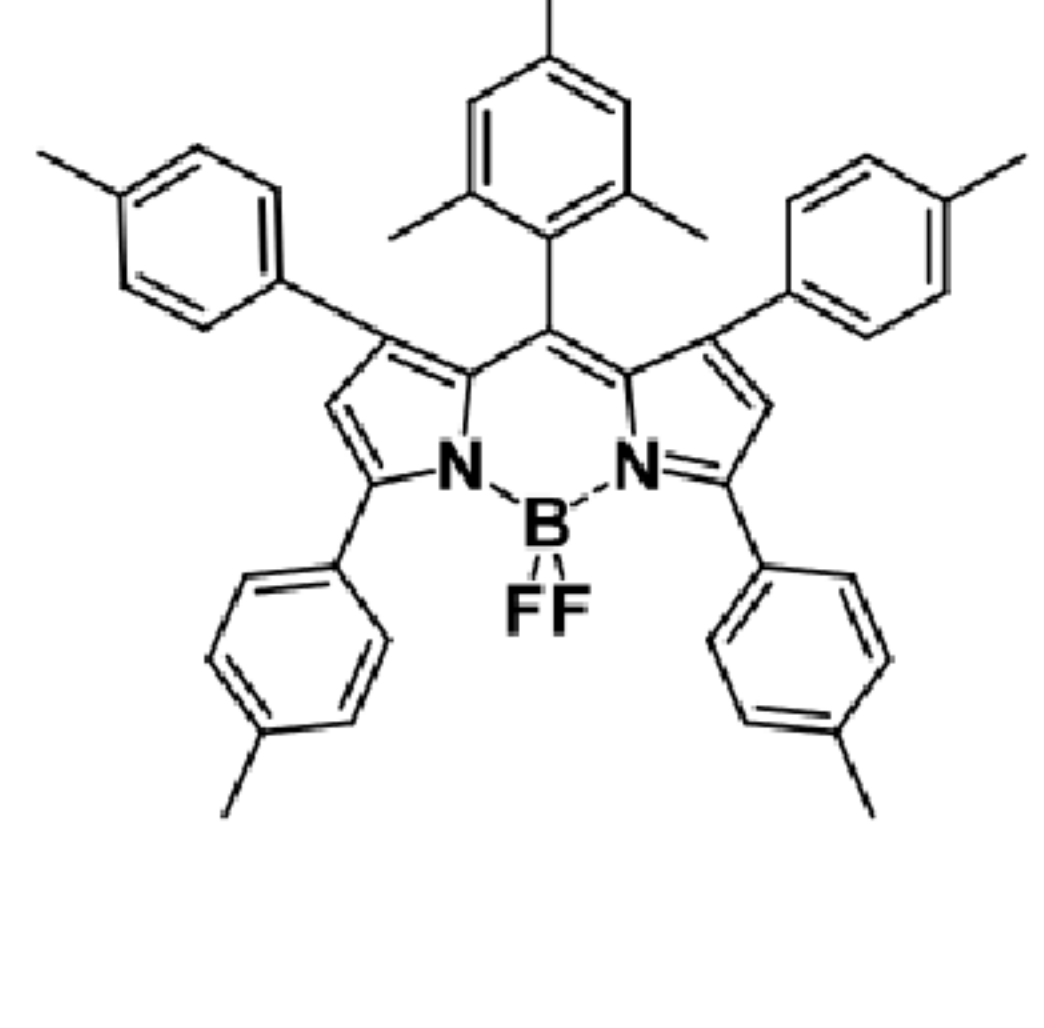
D-19



D-20



D-21



D-22

【0216】 [表 1]

[表 1]

化合物	分子量	吸收光譜	發光光譜		螢光量子產率
		λ_{max} (nm)	λ_{max} (nm)	半值寬度 (nm)	QY (%)
D-1	754	572	606	36	95
D-2	813	584	619	38	95
D-3	867	585	610	36	96
D-4	787	589	626	38	95
D-5	817	588	622	37	96
D-6	879	588	625	38	96
D-7	769	575	609	42	95
D-8	803	572	608	38	97
D-9	783	576	610	37	95
D-10	811	577	611	37	95
D-11	929	587	622	36	96
D-12	795	575	610	41	95
D-13	775	589	625	42	95
D-14	747	588	623	39	94
D-15	803	585	620	42	93
D-16	769	576	612	38	92
D-17	769	560	598	36	96
D-18	925	592	630	45	93
D-19	807	631	645	25	95
D-20	779	629	646	30	95
D-21	727	572	608	41	89
D-22	671	570	604	36	90

【0217】 實施例 1

（摻雜薄膜的螢光量子產率測定）

利用「塞米高克林（Semico clean）56」（商品名，古內化學（股）製造）對石英玻璃板（10 mm×10 mm）進行 15 分鐘超音波清洗後，利用超純水進行清洗，並進行乾燥。於即將製作元件之

前對該玻璃板進行 1 小時 UV-臭氧處理，設置於真空蒸鍍裝置內，進行排氣直至裝置內的真空度成為 5×10^{-4} Pa 以下為止。藉由電阻加熱法，以摻雜濃度成為 1 重量%的方式將作為主體材料的 mCBP、另外作為摻雜劑材料的化合物 D-1 蒸鍍為 500 nm 的厚度，獲得 1 重量%摻雜薄膜。藉由同樣的方法，獲得 2 重量%摻雜薄膜與 4 重量%摻雜薄膜。

【0218】 1 重量%摻雜薄膜的發光光譜是針對所製作的 1 重量%摻雜薄膜，使用螢光磷光分光光度計弗洛麥（FluoroMax-4P）（堀場製作所製造），以激發光 450 nm 求出。

【0219】 發光峰值波長： $\lambda_{\max}$ 為 612 nm、半值寬度為 43 nm

另外，關於 1 重量%、2 重量%及 4 重量%的各摻雜薄膜，使用螢光量子產率測定裝置 C11347-01（濱松光子（Hamamatsu Photonics）（股）製造），求出激發光 540 nm 下的螢光量子產率。另外，將摻雜濃度為 1%時的螢光量子產率設為 1 時的各摻雜濃度下的螢光量子產率的比率作為 QY 比，藉由下式求出。

【0220】
$$\text{QY 比} = (\text{摻雜濃度} \times \text{重量\%的薄膜的螢光量子產率}) / (\text{摻雜濃度 1 重量\%的薄膜的螢光量子產率})$$

[x=1、2 或 4]

結果如下所示。

【0221】 摻雜濃度為 1 重量%；螢光量子產率為 78%、QY 比=1

摻雜濃度為 2 重量%；螢光量子產率為 77%、QY 比=0.99

摻雜濃度為 4 重量%；螢光量子產率為 70%、QY 比=0.90

實施例 2～實施例 20、比較例 1～比較例 2

除了使用表 2 中記載的化合物代替化合物 D-1 來作為摻雜劑材料以外，與實施例 1 同樣地求出摻雜薄膜的發光光譜、螢光量子產率及 QY 比。結果如表 2 所示。

【0222】 [表 2]

[表 2]

	化合物	發光光譜[1%摻雜薄膜]		螢光量子產率[薄膜]（%）			QY 比		
		λmax（nm）	半值寬度（nm）	1%摻雜	2%摻雜	4%摻雜	1%摻雜	2%摻雜	4%摻雜
實施例 1	D-1	612	43	78	77	70	1	0.99	0.90
實施例 2	D-2	627	46	77	76	66	1	0.99	0.86
實施例 3	D-3	618	45	80	79	74	1	0.99	0.93
實施例 4	D-4	632	45	78	77	69	1	0.99	0.88
實施例 5	D-5	630	44	79	78	73	1	0.99	0.92
實施例 6	D-6	632	45	79	78	71	1	0.99	0.90
實施例 7	D-7	619	49	76	75	66	1	0.99	0.87
實施例 8	D-8	616	46	82	80	75	1	0.98	0.91
實施例 9	D-9	617	45	77	76	68	1	0.99	0.88
實施例 10	D-10	618	45	78	77	69	1	0.99	0.88
實施例 11	D-11	630	45	79	78	73	1	0.99	0.92
實施例 12	D-12	619	48	77	76	68	1	0.99	0.88
實施例 13	D-13	631	49	77	76	69	1	0.99	0.90
實施例 14	D-14	629	46	75	72	64	1	0.96	0.85
實施例 15	D-15	626	49	74	72	63	1	0.97	0.85
實施例 16	D-16	620	46	73	70	61	1	0.96	0.84
實施例 17	D-17	606	44	79	78	69	1	0.99	0.87
實施例 18	D-18	637	50	73	71	61	1	0.97	0.84
實施例 19	D-19	652	29	77	75	66	1	0.97	0.86
實施例 20	D-20	651	33	77	76	66	1	0.99	0.86
比較例 1	D-21	616	47	70	64	52	1	0.91	0.74
比較例 2	D-22	612	43	70	68	57	1	0.97	0.81

【0223】 根據表 2 可知，實施例 1～實施例 20 與比較例 1～比較例 2 相比，摻雜薄膜的螢光量子產率均高。另外，可知實施例 1～實施例 20 與比較例 1～比較例 2 相比，QY 比均大，摻雜濃度增加引起的螢光量子產率的降低小，即摻雜濃度依賴性變小。

【0224】 實施例 21

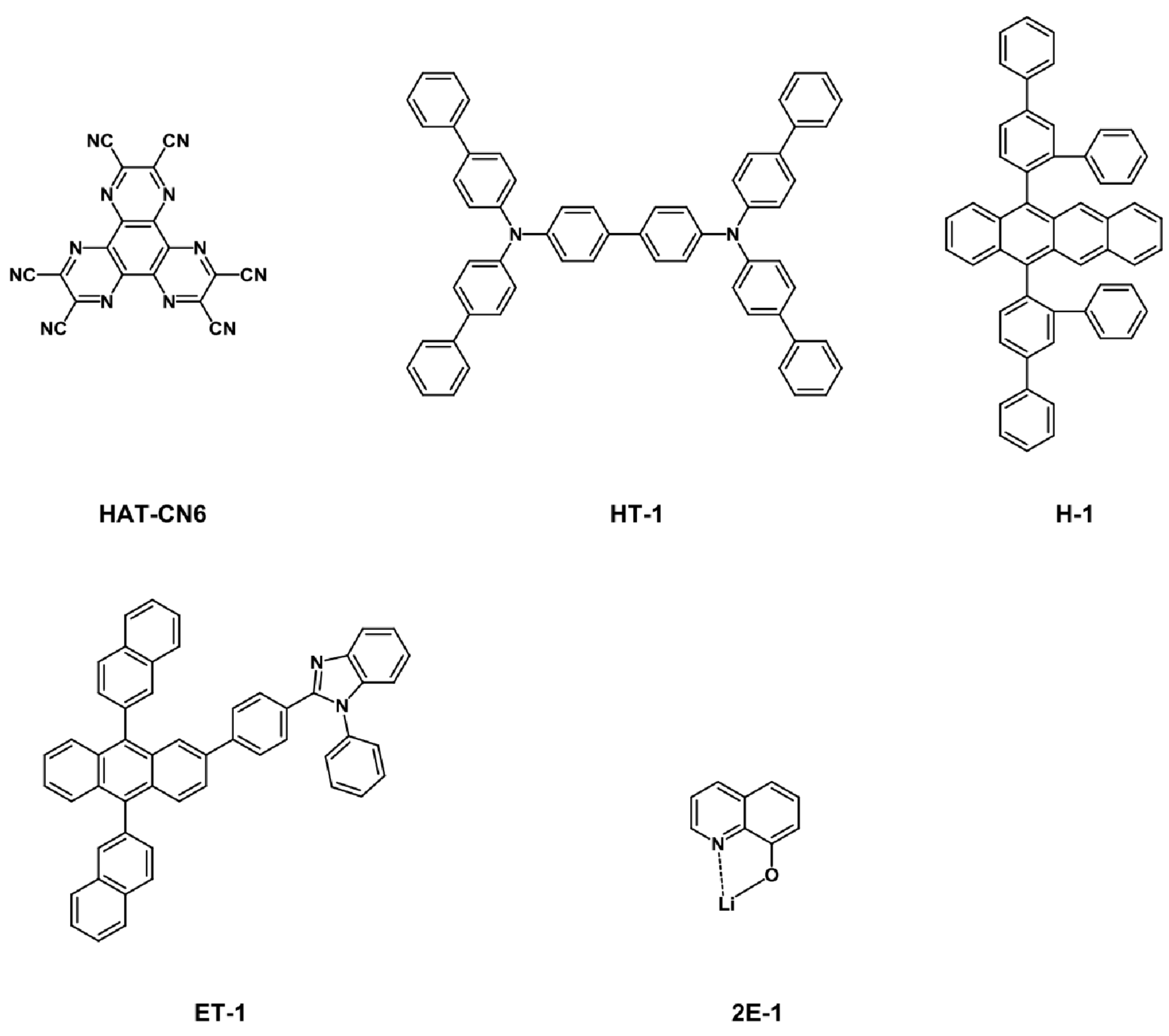
（螢光發光元件評價）

將堆積有 165 nm 的 ITO 透明導電膜的玻璃基板（吉奧馬（Geomatec）（股）製造， $11\ \Omega/\square$ ，濺鍍品）切斷成 38 mm×46 mm，進行蝕刻。利用「塞米高克林（Semico clean）56」（商品名，古內化學（股）製造）對所得的基板進行 15 分鐘超音波清洗後，利用超純水進行清洗，並進行乾燥。於即將製作元件之前對該基板進行 1 小時 UV-臭氧處理，設置於真空蒸鍍裝置內，進行排氣直至裝置內的真空度成為 $5\times 10^{-4}\text{ Pa}$ 以下為止。首先，藉由電阻加熱法蒸鍍 5 nm 的 HAT-CN6 作為電洞注入層，且蒸鍍 50 nm 的 HT-1 作為電洞傳輸層。其次，將作為主體材料的 H-1、另外作為摻雜劑材料的化合物 D-1 以摻雜濃度成為 1.0 重量%的方式，蒸鍍為 20 nm 的厚度來作為發光層。進而，使用 ET-1，且使用 2E-1 作為施體性材料，以 ET-1 與 2E-1 的蒸鍍速度比成為 1：1 的方式，積層為 35 nm 的厚度來作為電子傳輸層。其次，於蒸鍍 0.5 nm 的 2E-1 作為電子注入層後，將鎂與銀共蒸鍍 1000 nm 而製成陰極，製作 5 mm×5 mm 見方的元件。

【0225】 使該發光元件以 1000 cd/m^2 發光時的發光特性是發光峰

值波長為 613 nm、半值寬度為 43 nm、外部量子效率為 6.8%。另外，耐久性是以使初始亮度成為 1000 cd/m² 的電流連續通電，於成為初始亮度的 90% 的亮度的時間（以下，設為 LT90）內進行評價。其結果，該發光元件的 LT90 為 284 小時。再者，HAT-CN6、HT-1、H-1、ET-1、2E-1 為下述所示的化合物。

【0226】 [化 47]



【0227】 實施例 22～實施例 40、比較例 3～比較例 4

除了使用表 3 中記載的化合物作為摻雜劑材料以外，與實施例 21 同樣地製作發光元件，並進行評價。結果如表 3 所示。

【0228】 [表 3]

[表 3]

	化合物	發光峰值波長 (nm)	半值寬度 (nm)	外部量子效率 (%)	LT90 (小時)
實施例 21	D-1	613	43	6.8	284
實施例 22	D-2	627	47	6.5	273
實施例 23	D-3	618	44	7.1	331
實施例 24	D-4	631	44	6.9	295
實施例 25	D-5	629	43	7.0	315
實施例 26	D-6	632	45	7.0	301
實施例 27	D-7	620	49	6.5	187
實施例 28	D-8	617	47	7.4	194
實施例 29	D-9	618	45	6.5	201
實施例 30	D-10	619	45	6.5	234
實施例 31	D-11	629	43	7.0	234
實施例 32	D-12	619	48	6.6	274
實施例 33	D-13	631	48	6.5	196
實施例 34	D-14	629	46	6.1	221
實施例 35	D-15	626	49	6.0	193
實施例 36	D-16	619	45	5.7	212
實施例 37	D-17	607	45	7.0	195
實施例 38	D-18	637	51	5.6	154
實施例 39	D-19	654	31	6.6	187
實施例 40	D-20	653	36	6.5	206
比較例 3	D-21	617	49	5.1	203
比較例 4	D-22	613	45	5.1	223

【0229】 根據表 3 可知，實施例 21～實施例 40 與比較例 3～比

較例 4 相比，外部量子效率均高。

【0230】 實施例 41

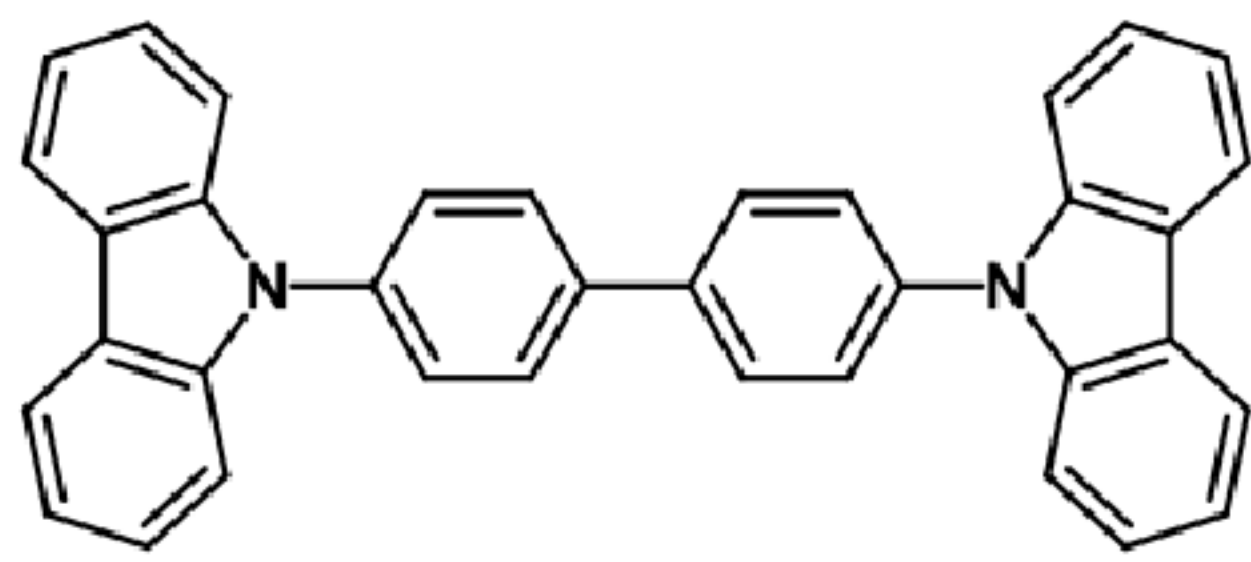
（熱活化延遲螢光發光元件）

將堆積有 165 nm 的 ITO 透明導電膜的玻璃基板（吉奧馬（Geomatec）（股）製造，11 Ω/□，濺鍍品）切斷成 38 mm×46 mm，進行蝕刻。利用「塞米高克林（Semico clean）56」（商品名，古

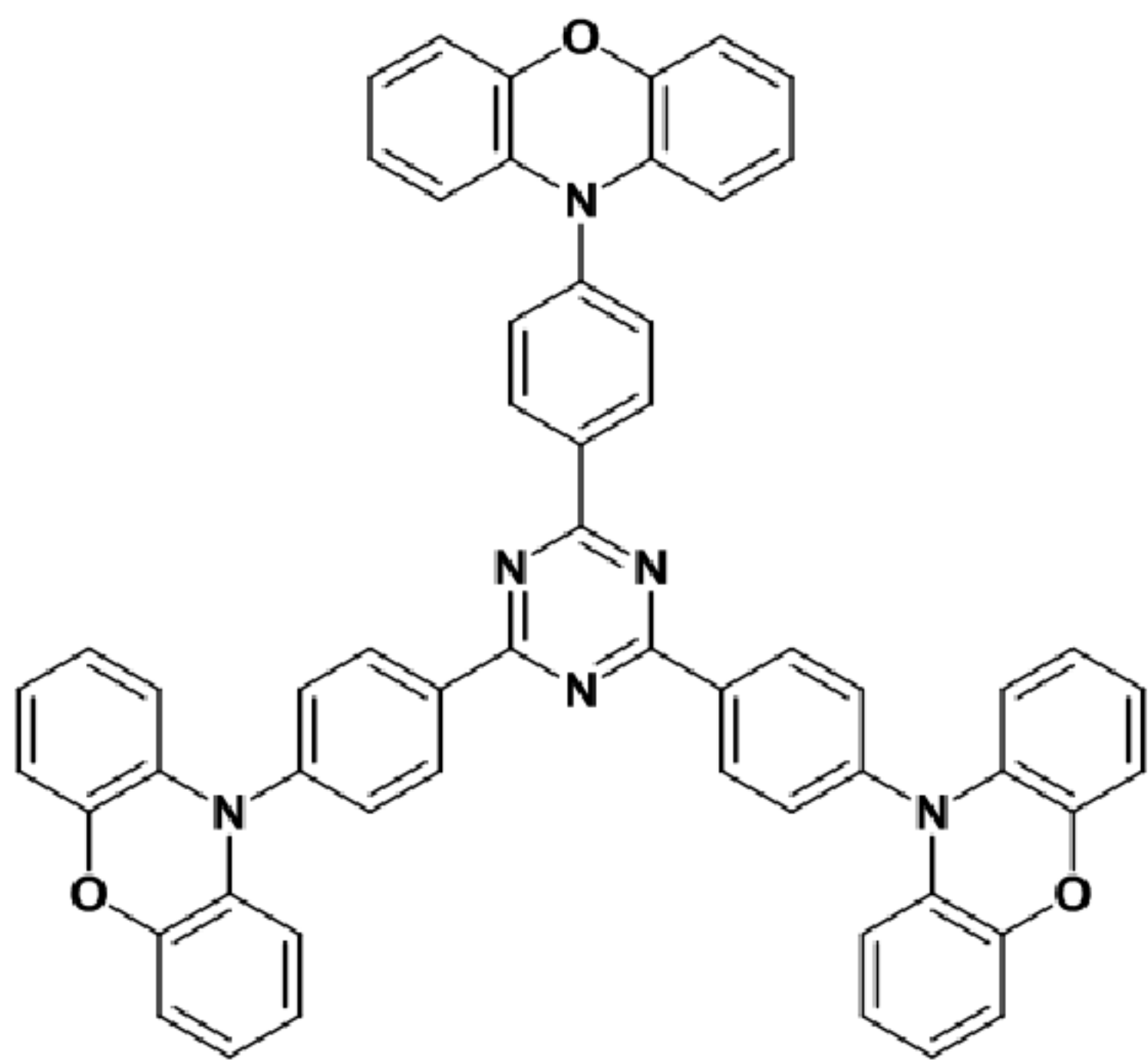
內化學（股）製造）對所得的基板進行 15 分鐘超音波清洗後，利用超純水進行清洗。於即將製作元件之前對該基板進行 1 小時 UV-臭氧處理，設置於真空蒸鍍裝置內，進行排氣直至裝置內的真空度成為 5×10^{-4} Pa 以下為止。首先，藉由電阻加熱法蒸鍍 10 nm 的 HAT-CN6 作為電洞注入層，蒸鍍 180 nm 的 HT-1 作為電洞傳輸層。其次，以重量比計成為 80：1：19 的方式將主體材料 H-2、化合物 D-1、及作為 TADF 材料的化合物 H-3 蒸鍍為 40 nm 的厚度來作為發光層。進而，電子傳輸材料使用化合物 ET-1，且使用 2E-1 作為施體性材料，以化合物 ET-1 與 2E-1 的蒸鍍速度比成為 1：1 的方式積層為 35 nm 的厚度來作為電子傳輸層。其次，於蒸鍍 0.5 nm 的 2E-1 作為電子注入層後，將鎂與銀共蒸鍍 1000 nm 而製成陰極，製作 5 mm×5 mm 見方的元件。

【0231】 使該發光元件以 1000 cd/m^2 發光時的發光特性是發光峰值波長為 613 nm、半值寬度為 43 nm、外部量子效率為 16.4%。再者，H-2～H-6 的結構為下述所示。

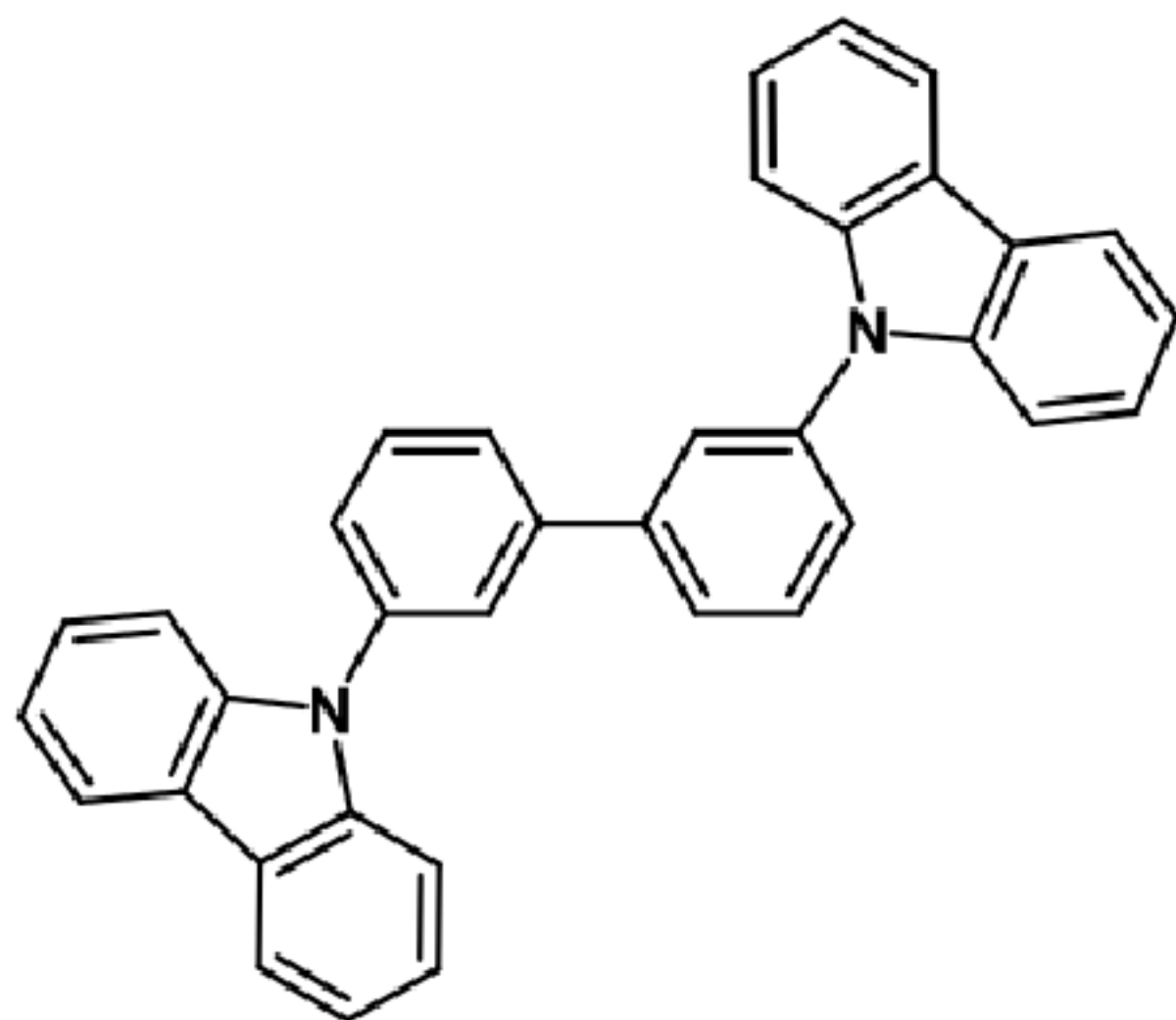
【0232】 [化 48]



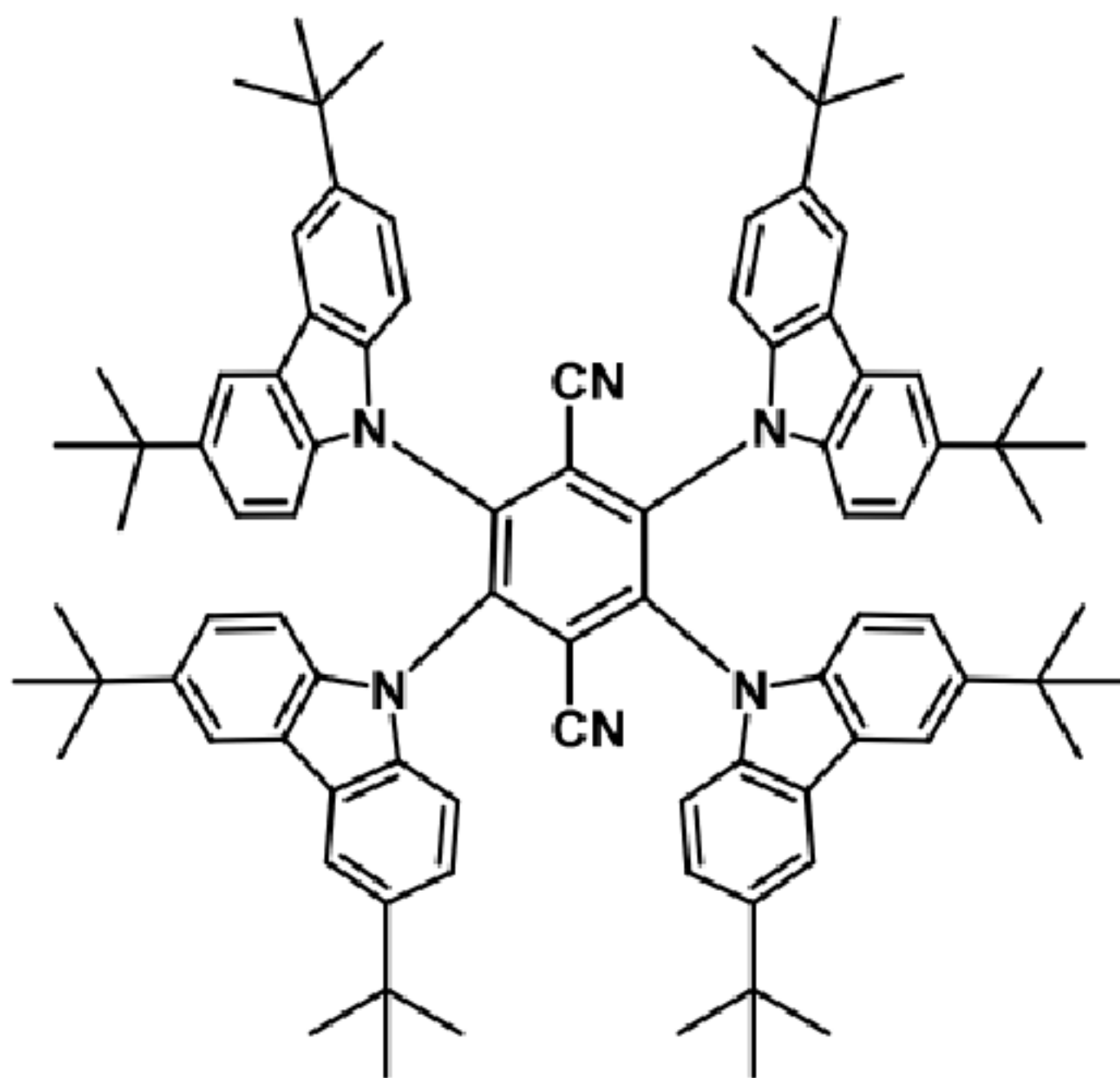
H-2



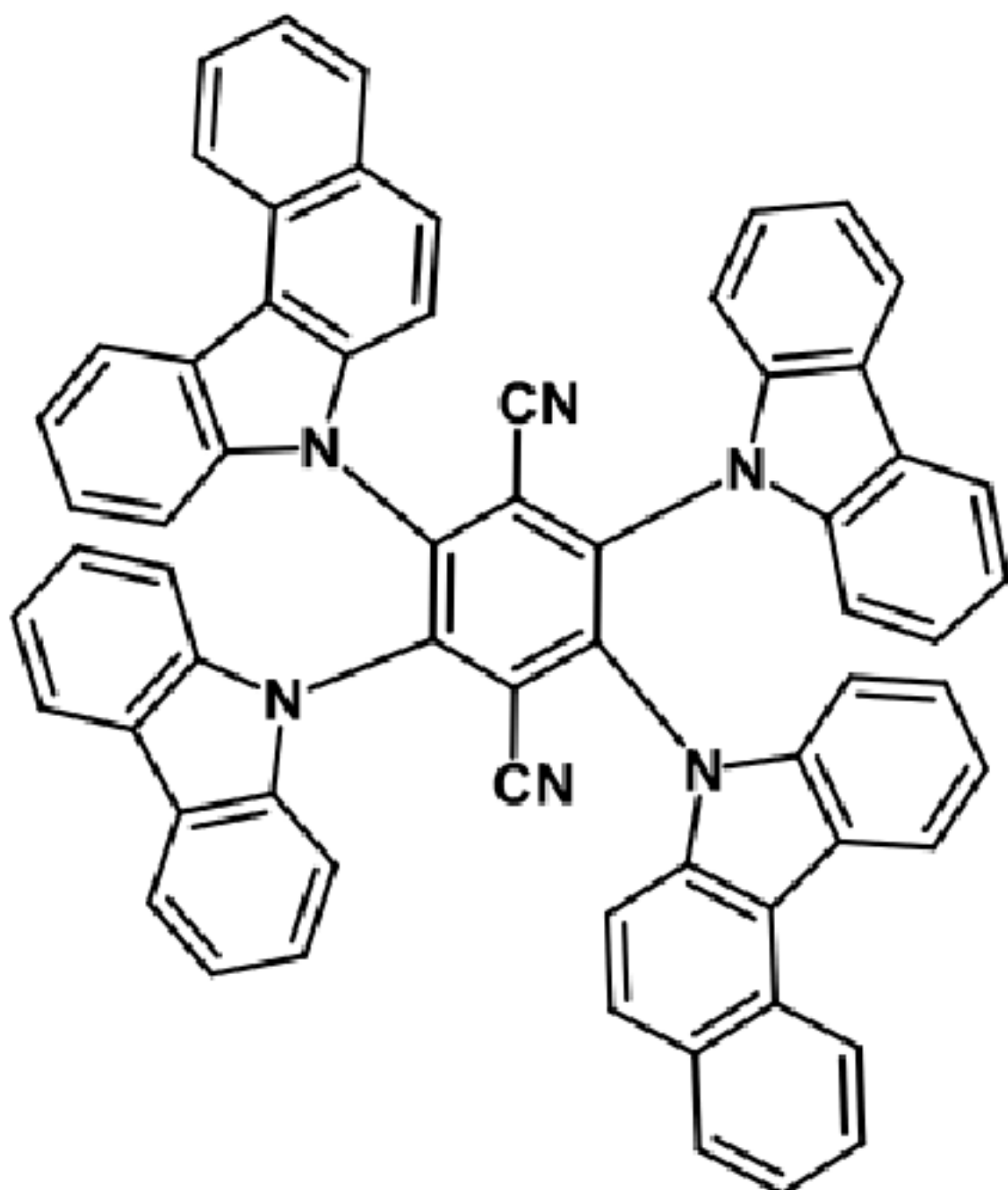
H-3



H-4



H-5



H-6

【0233】 實施例 42～實施例 47、比較例 5～比較例 6

除了使用表 4 中記載的化合物作為摻雜劑材料以外，與實施例 41 同樣地製作發光元件，並進行評價。結果如表 4 所示。

【0234】 實施例 48

除了以重量比計成為 74：1：25 的方式將主體材料 H-4、化合物 D-4 與 TADF 材料 H-5 蒸鍍為 40 nm 的厚度來作為發光層以

外，與實施例 41 同樣地製作發光元件，並進行評價。結果如表 4 所示。

【0235】 實施例 49

除了以重量比計成為 74：1：25 的方式將主體材料 H-4、化合物 D-4 與 TADF 材料 H-6 蒸鍍為 40 nm 的厚度來作為發光層以外，與實施例 41 同樣地製作發光元件，並進行評價。結果如表 4 所示。

【0236】 [表 4]

[表 4]					
	化合物	發光峰值波長 (nm)	半值寬度 (nm)	外部量子效率 (%)	LT90 (小時)
實施例 41	D-1	613	43	16.4	209
實施例 42	D-2	626	46	15.8	198
實施例 43	D-4	631	44	16.6	215
實施例 44	D-5	628	43	16.7	240
實施例 45	D-8	617	47	16.9	141
實施例 46	D-12	619	47	15.8	202
實施例 47	D-20	653	35	15.1	155
實施例 48	D-4	631	44	17.4	246
實施例 49	D-4	631	44	18.0	238
比較例 5	D-21	617	48	12.9	143
比較例 6	D-22	613	45	13.0	161

【0237】 參照表 4 可知，實施例 41～實施例 49 及比較例 5～比較例 6 由於在發光層中使用 TADF 材料，因此與實施例 21～實施例 40 及比較例 3～比較例 4 相比，外部量子效率大幅提高。該些中，實施例 41～實施例 49 與比較例 5～比較例 6 相比，均可獲得高效率的發光。

【0238】 實施例 50

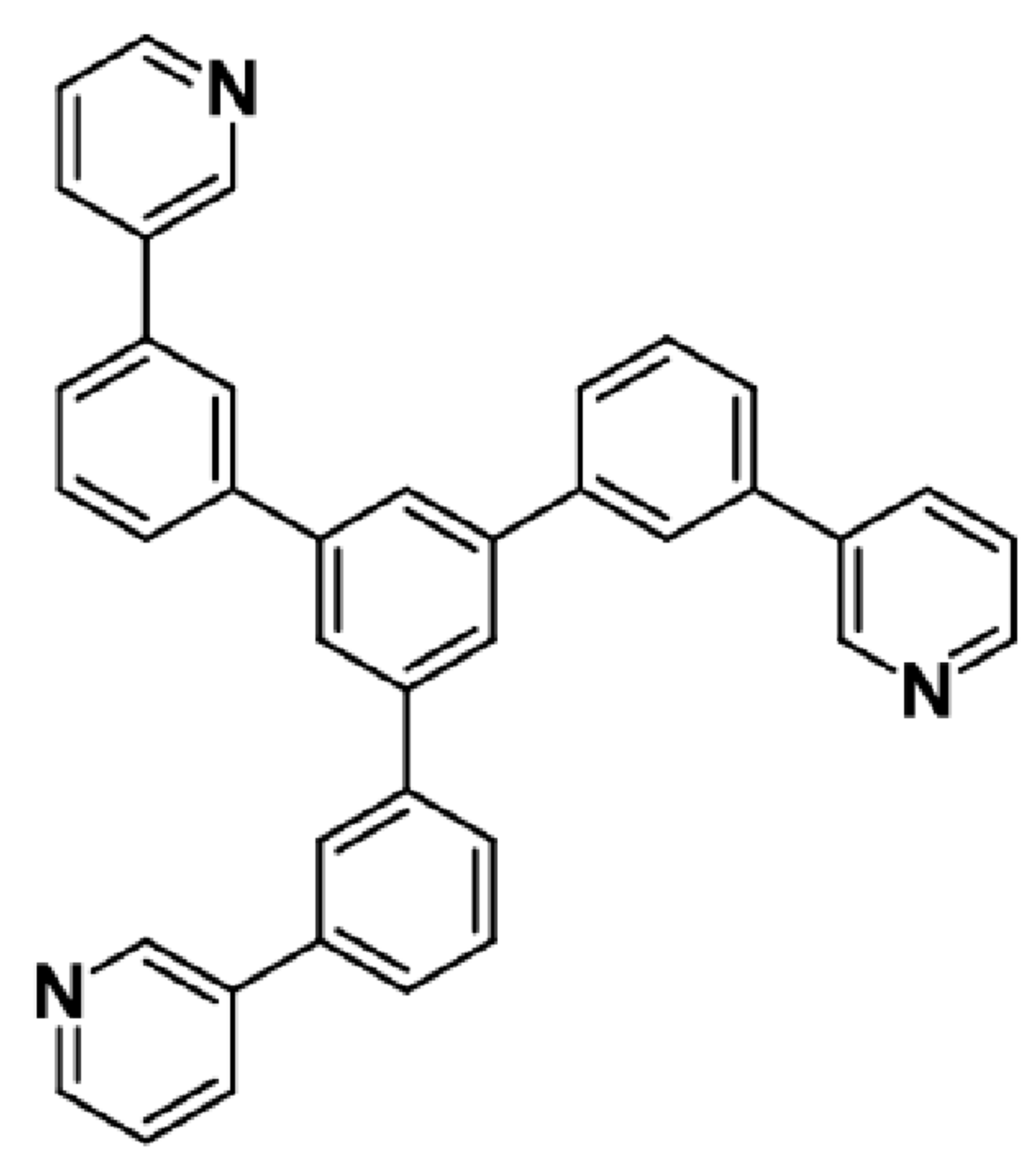
(使用了兩種主體材料的 TADF 底部發光型發光元件評價)

將堆積有 165 nm 的 ITO 透明導電膜的玻璃基板 (吉奧馬 (Geomatec)(股)製造, 11 $\Omega/\square$, 濺鍍品) 切斷成 38 mm×46 mm, 進行蝕刻。利用「塞米高克林 (Semico clean) 56」(商品名, 古內化學(股)製造) 對所得的基板進行 15 分鐘超音波清洗後, 利用超純水進行清洗。於即將製作元件之前對該基板進行 1 小時 UV-臭氧處理, 設置於真空蒸鍍裝置內, 進行排氣直至裝置內的真空度成為 5×10^{-4} Pa 以下為止。首先, 藉由電阻加熱法蒸鍍 10 nm 的 HAT-CN6 作為電洞注入層, 接著蒸鍍 180 nm 的 HT-1 作為電洞傳輸層。其次, 以重量比計成為 40:40:1:19 的方式將第一主體材料 H-2 (電洞傳輸性的第三化合物)、第二主體材料 H-7 (電子傳輸性的第三化合物)、化合物 D-1 (第二化合物)、及作為 TADF 材料的化合物 H-3 (第一化合物) 蒸鍍為 40 nm 的厚度來作為發光層。進而, 電子傳輸材料使用化合物 ET-1, 且使用 2E-1 作為施體性材料, 以化合物 ET-1 與 2E-1 的蒸鍍速度比成為 1:1 的方式積層為 35 nm 的厚度來作為電子傳輸層。其次, 於蒸鍍 0.5 nm 的 2E-1 作為電子注入層後, 將鎂與銀共蒸鍍 1000 nm 而製成陰極, 製作 5 mm×5 mm 見方的底部發光型發光元件。

【0239】 使該發光元件以 1000 cd/m² 發光時的發光特性是發光峰值波長為 613 nm、半值寬度為 43 nm、外部量子效率為 16.5%, LT90 為 312 小時。確認到了與使用一種主體材料的實施例 41 相

比發光峰值波長、半值寬度、外部量子效率相同，LT90 變大了約 1.5 倍，耐久性提高。再者，H-7 為下述所示的化合物。

【0240】 [化 49]



H-7

【0241】 另外，H-2、H-7 的最低激發單重態能階：S₁ 及最低激發三重態能階：T₁ 如下所述。

【0242】 S₁ (H-2)： 3.4 eV

T₁ (H-2)： 2.6 eV

S₁ (H-7)： 3.9 eV

T₁ (H-7)： 2.8 eV

實施例 51

(串聯型螢光發光元件評價)

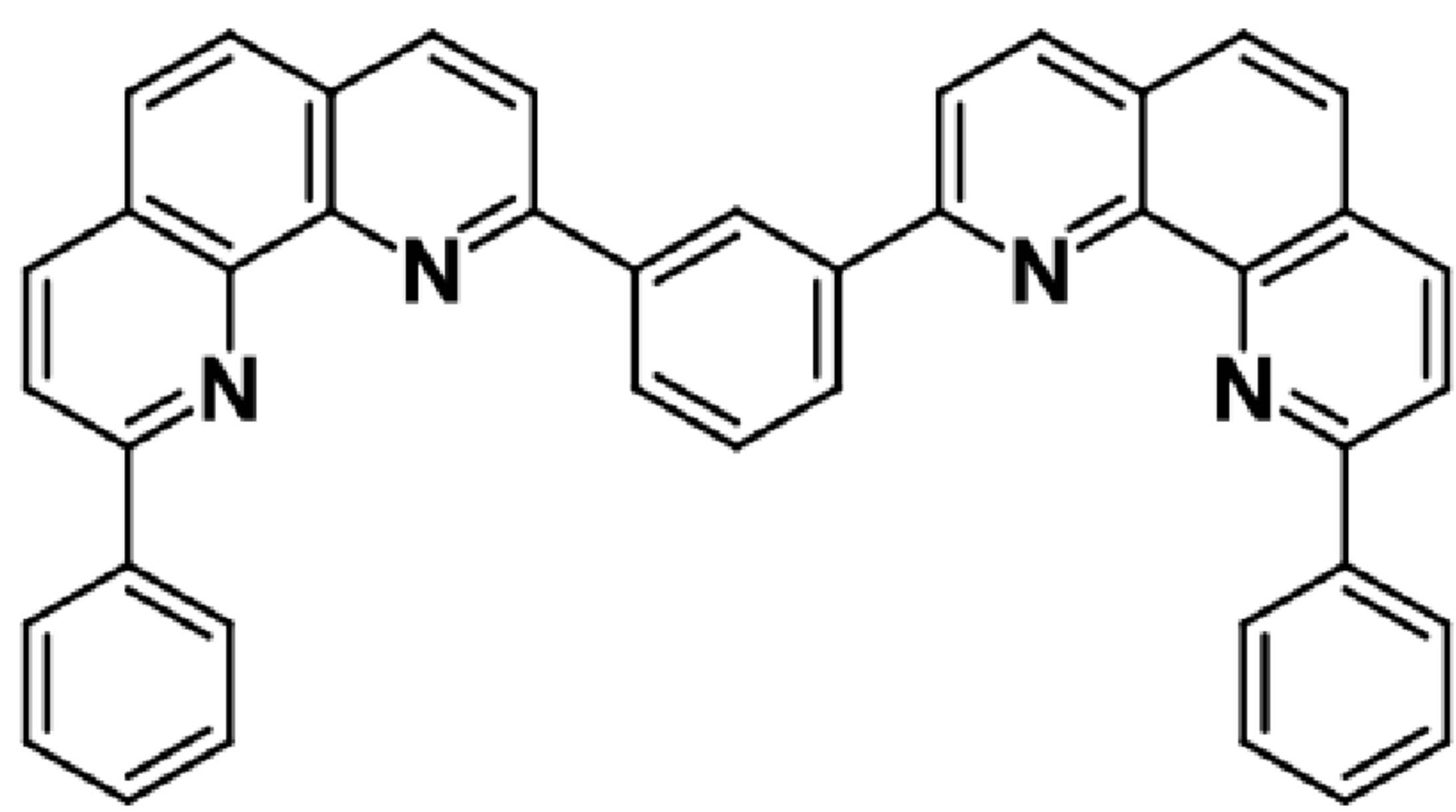
將堆積有 165 nm 的 ITO 透明導電膜的玻璃基板 (吉奧馬

(Geomatec)(股) 製造， $11\ \Omega/\square$ ，濺鍍品) 切斷成 $38\text{ mm}\times 46\text{ mm}$ ，進行蝕刻。利用「塞米高克林 (Semico clean) 56」(商品名，古內化學 (股) 製造) 對所得的基板進行 15 分鐘超音波清洗後，利用超純水進行清洗。於即將製作元件之前對該基板進行 1 小時 UV-臭氧處理，設置於真空蒸鍍裝置內，進行排氣直至裝置內的真空度成為 $5\times 10^{-4}\text{ Pa}$ 以下為止。首先，藉由電阻加熱法蒸鍍 5 nm 的 HAT-CN6 作為電洞注入層，接著蒸鍍 50 nm 的 HT-1 作為電洞傳輸層。其次，將作為主體材料的 H-1 (第一化合物)、另外作為摻雜劑材料的化合物 D-1 (第二化合物) 以摻雜濃度成為 1.0 重量 % 的方式，蒸鍍為 20 nm 的厚度來作為發光層。進而，電子傳輸材料使用化合物 ET-1，且使用 2E-1 作為施體性材料，以化合物 ET-1 與 2E-1 的蒸鍍速度比成為 1 : 1 的方式積層為 35 nm 的厚度來作為電子傳輸層。接著，n 型主體使用化合物 ET-2，n 型摻雜劑使用金屬鋰，以化合物 ET-2 與金屬鋰的蒸鍍速度比成為 99 : 1 的方式積層 10 nm 作為 n 型電荷產生層。進而，積層 10 nm 的 HAT-CN6 作為 p 型電荷產生層。於其上與所述同樣地依次蒸鍍 50 nm 的 HT-1 作為電洞傳輸層、20 nm 的於主體材料 H-1 中摻雜有 1.0 重量 % 的化合物 D-1 的薄膜作為發光層、35 nm 的 ET-1 與 2E-1 的比率成為 1:1 的薄膜作為電子傳輸層。其次，於蒸鍍 0.5 nm 的 2E-1 作為電子注入層後，將鎂與銀共蒸鍍 1000 nm 而製成陰極，製作 $5\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 見方的串聯型螢光發光元件。

【0243】 使該發光元件以 1000 cd/m^2 發光時的發光特性是發光峰

值波長為 613 nm、半值寬度為 43 nm、外部量子效率為 13.4%，
LT90 為 561 小時。確認到了與發光層僅一層的實施例 21 相比，
外部量子效率與 LT90 均變大了約兩倍，發光效率與耐久性提高。
再者，ET-2 為下述所示的化合物。

【0244】 [化 50]



ET-2

【0245】 如上所述，顯示出藉由本發明，可製作外部量子效率高的發光元件。藉此，顯示出於顯示器等顯示裝置或照明裝置的製造中，可提高發光效率。

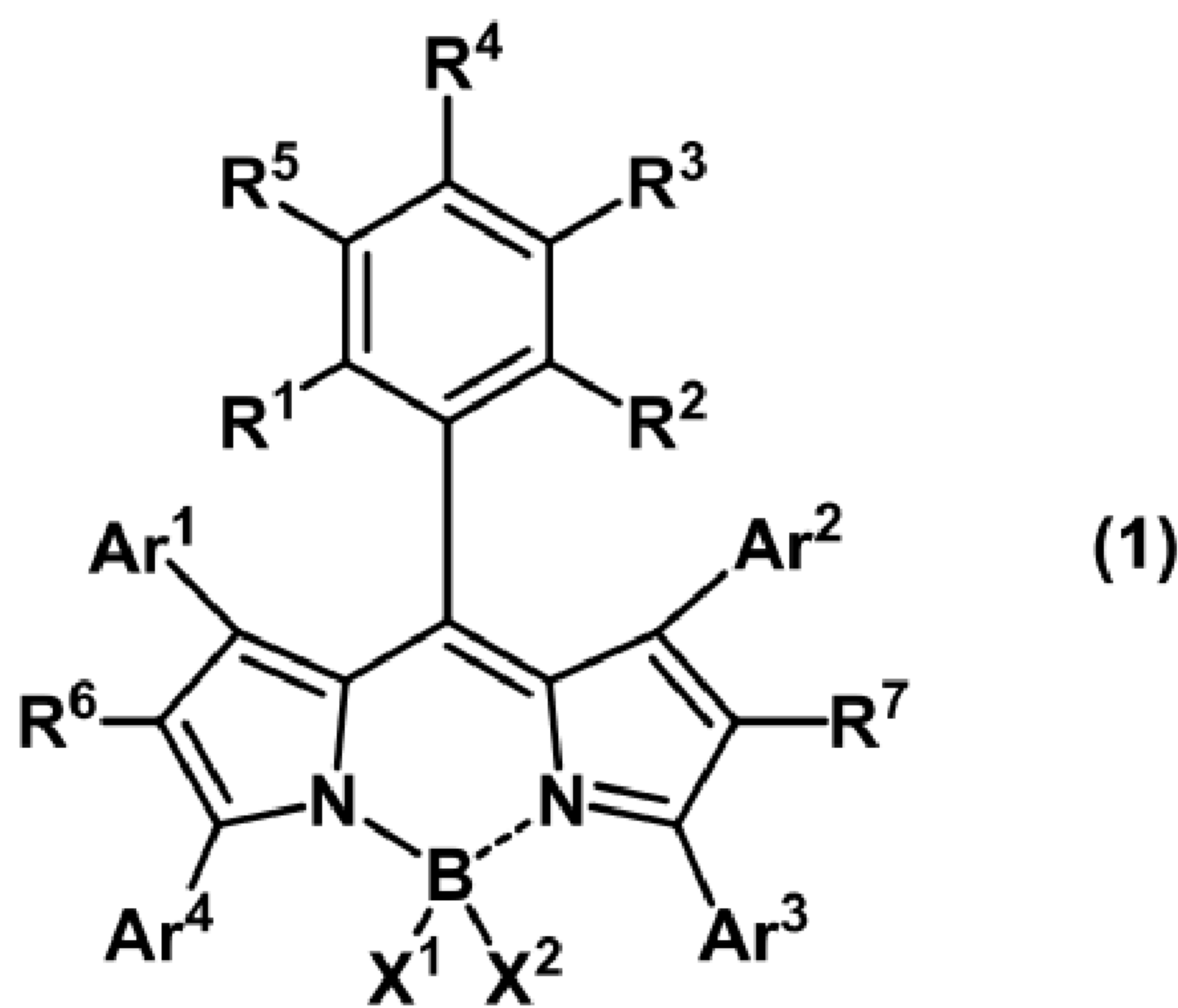
【符號說明】

【0246】

無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種發光元件材料，包含下述通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物：



X¹ 及 X² 分別可相同亦可不同，且選自由烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、羥基、硫醇基、烷氧基、環烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、芳基、雜芳基、鹵素及氰基所組成的群組中；該些官能基可進一步具有取代基；

Ar¹ ~ Ar⁴ 分別可相同亦可不同，是經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基；該些芳基及雜芳基可為單環亦可為稠環；其中，於 Ar¹ 及 Ar² 中的一者或兩者為單環的情況下，所述單環具有一個以上的二級烷基、一個以上的三級烷基、一個以上的芳基或一個以上的雜芳基作為取代基，或者具有合計兩個以上的甲基與一級烷基作為取代基；

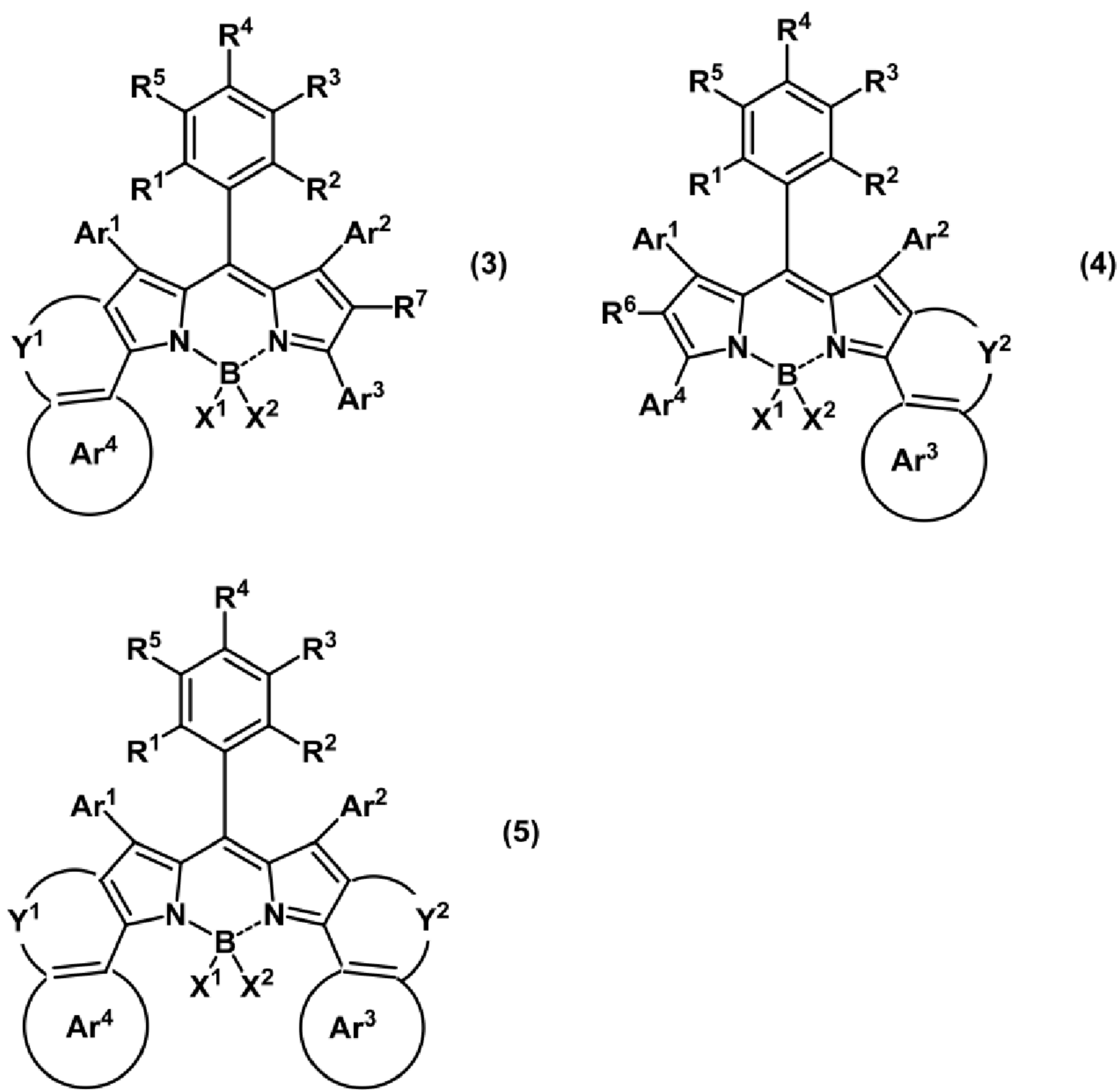
R^1 及 R^2 分別可相同亦可不同，是經取代或未經取代的烷基、經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基；

$R^3 \sim R^5$ 分別可相同亦可不同，且選自由氫原子、烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、芳基、雜芳基、羥基、硫醇基、烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、鹵素、氰基、醛基、醯基、羧基、酯基、醯胺基、磺醯基、磺酸酯基、磺醯胺基、胺基、硝基、矽烷基及與鄰接基之間的環結構所組成的群組中；該些官能基可進一步具有取代基；

R^6 及 R^7 分別可相同亦可不同，且選自由氫原子、烷基、環烷基、雜環基、烯基、環烯基、炔基、芳基、雜芳基、羥基、硫醇基、烷氧基、烷硫基、芳基醚基、芳基硫醚基、鹵素、氰基、醛基、醯基、羧基、酯基、醯胺基、磺醯基、磺酸酯基、磺醯胺基、胺基、硝基及矽烷基所組成的群組中；其中， R^6 亦可為藉由在與 Ar^4 之間一個或兩個原子進行共價鍵結而形成的交聯結構， R^7 亦可為藉由在與 Ar^3 之間一個或兩個原子進行共價鍵結而形成的交聯結構；該些官能基可進一步具有取代基。

【請求項2】 如請求項 1 所述的發光元件材料，其中 R^6 及 R^7 中的至少一者為氫原子、或者經取代或未經取代的烷基。

【請求項3】 如請求項 1 所述的發光元件材料，其中通式（1）所表示的吡咯亞甲基硼錯合物為通式（3）～通式（5）中的任一者所表示的吡咯亞甲基硼錯合物：



X¹ 及 X²、Ar¹~Ar⁴ 以及 R¹~R⁷ 與通式（1）中者相同；Y¹ 及 Y² 是包含一個原子或串聯排列的兩個原子的交聯結構，所述原子選自由經取代或未經取代的碳原子、經取代或未經取代的矽原子、經取代或未經取代的氮原子、經取代或未經取代的磷原子、氧原子及硫原子所組成的群組中；於所述交聯結構包含串聯排列的兩個原子的情況下，所述兩個原子可利用雙鍵連結。

【請求項4】 如請求項 1 至請求項 3 中任一項所述的發光元件材料，其中 Ar¹ 及 Ar² 選自由具有一個以上的三級烷基作為取代基的苯基、具有一個以上的芳基作為取代基的苯基、具有一個以上的雜芳基作為取代基的苯基、具有合計兩個以上的甲基與一級烷基作為取代基且該些中的至少一個相對於與吡咯環的鍵結部位在 2

位經取代的苯基、以及縮合環式芳香族烴基所組成的群組中。

【請求項5】 如請求項 1 至請求項 4 中任一項所述的發光元件材料，其中 R^1 及 R^2 是經取代或未經取代的烷基。

【請求項6】 如請求項 1 至請求項 4 中任一項所述的發光元件材料，其中 R^1 及 R^2 中的至少一者是經取代或未經取代的芳基、或者經取代或未經取代的雜芳基。

【請求項7】 如請求項 1 至請求項 6 中任一項所述的發光元件材料，其中 X^1 及 X^2 為氟原子。

【請求項8】 一種發光元件，於陽極與陰極之間存在發光層且所述發光層藉由電能發光，並且於所述發光層中含有如請求項 1 至請求項 7 中任一項所述的發光元件材料。

【請求項9】 如請求項 8 所述的發光元件，其中所述發光層具有選自主體材料及熱活化延遲螢光材料中的第一化合物與作為摻雜劑的第二化合物，第二化合物為如請求項 1 至請求項 7 中任一項所述的發光元件材料。

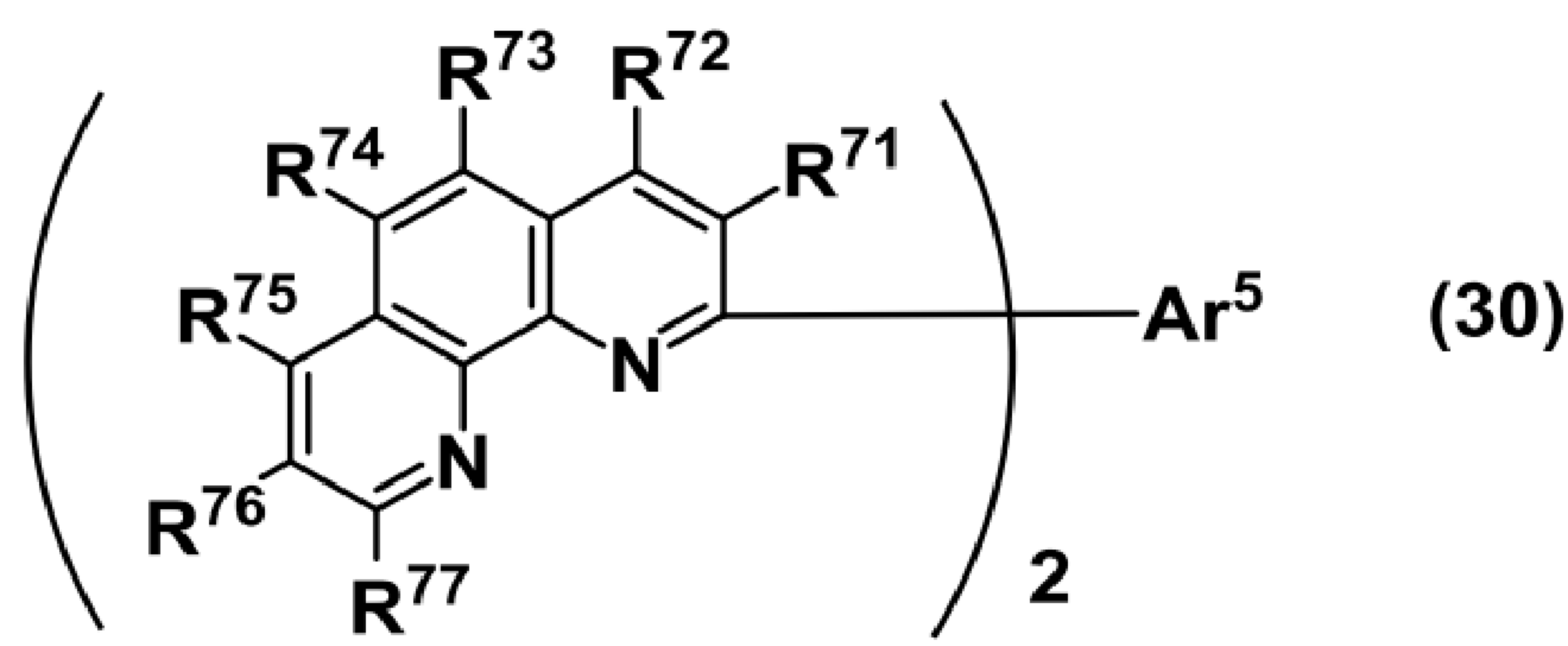
【請求項10】 如請求項 8 或請求項 9 所述的發光元件，其中所述第一化合物為熱活化延遲螢光材料。

【請求項11】 如請求項 10 所述的發光元件，其中所述發光層進一步包含第三化合物，所述第三化合物的最低激發單重態能量大於所述第一化合物的最低激發單重態能量。

【請求項12】 如請求項 11 所述的發光元件，其中所述第三化合物包含兩種以上的材料。

【請求項13】 如請求項 8 至請求項 12 中任一項所述的發光元件，其中於陽極與陰極之間具有至少兩個以上的發光層，於兩個以上的發光層之間具有至少一層以上的電荷產生層。

【請求項14】 如請求項 13 所述的發光元件，其中於所述電荷產生層中含有通式（30）所表示的啡啉衍生物：



Ar⁵ 為經兩個啡啉基取代的芳基；
R⁷¹~R⁷⁷ 分別可相同亦可不同，且選自氫原子、烷基、環烷基、雜環基、芳基、雜芳基中。

【請求項15】 如請求項 7 至請求項 14 中任一項所述的發光元件，其中所述發光元件為頂部發光型有機電場發光元件。

【請求項16】 一種顯示裝置，包含如請求項 7 至請求項 15 中任一項所述的發光元件。

【請求項17】 一種照明裝置，包含如請求項 7 至請求項 15 中任一項所述的發光元件。