

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7588355号
(P7588355)

(45)発行日 令和6年11月22日(2024.11.22)

(24)登録日 令和6年11月14日(2024.11.14)

(51)国際特許分類

FI

H 0 1 S 3/16 (2006.01) H 0 1 S 3/16

H 0 1 S 5/36 (2006.01) H 0 1 S 5/36

請求項の数 23 (全74頁)

(21)出願番号	特願2022-548844(P2022-548844)	(73)特許権者	519423895
(86)(22)出願日	令和3年2月9日(2021.2.9)		株式会社KOALA Tech
(65)公表番号	特表2023-522142(P2023-522142 A)		福岡県福岡市西区九大新町4-1
(43)公表日	令和5年5月29日(2023.5.29)	(73)特許権者	512061401
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/004789		サントル ナショナル ドゥ ラ ルシェル
(87)国際公開番号	WO2021/161998		シュ シアンティフィーク
(87)国際公開日	令和3年8月19日(2021.8.19)		フランス国、エフ-75016 パリ、
審査請求日	令和6年2月2日(2024.2.2)		リュ ミッシェル アンジュ 3
(31)優先権主張番号	特願2020-22289(P2020-22289)	(73)特許権者	518059934
(32)優先日	令和2年2月13日(2020.2.13)		ソルボンヌ・ユニヴェルシテ
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		SORBONNE UNIVERSITE
			フランス国、75006 パリ、リュ・
			ドゥ・レコール・ドゥ・メドゥシーヌ
			21
		(73)特許権者	506327586

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 有機固体レーザ、化合物およびその使用

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

以下の式(1)で表される化合物を含有する有機固体レーザ。

【化1】

式(1)



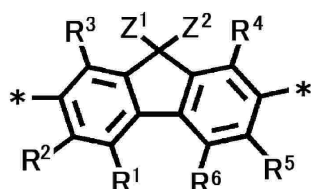
式中、

G¹およびG²は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表す。

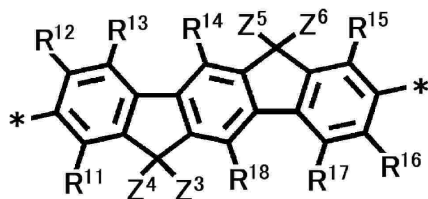
FL¹およびFL²は、それぞれ独立して、以下の式(2)または式(3)で表される連結基を表す。

【化 2】

式 (2)



式 (3)

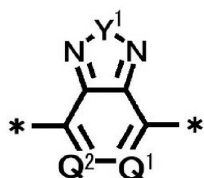


(式中、 $R^1 \sim R^6$ 、 $R^{11} \sim R^{18}$ および $Z^1 \sim Z^6$ は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表し、 R^1 と R^2 、 R^5 と R^6 、 R^{12} と R^{13} 、 R^{16} と R^{17} は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。)

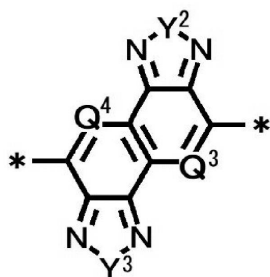
B Tは、以下の式 (4) または式 (5) で表される連結基を表す。

【化 3】

式 (4)



式 (5)



(式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表し、 Q^1 は窒素原子または $C-X^1$ を表し、 Q^2 は窒素原子または $C-X^2$ を表し、 Q^3 は窒素原子または $C-X^3$ を表し、 Q^4 は窒素原子または $C-X^4$ を表し、 $T^1 \sim T^3$ はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 $X^1 \sim X^4$ はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表すか、または X^1 と X^2 とが互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。)

n_1 、 n_2 および m は、それぞれ独立して、1～5の整数を表す。

最も右側の n_2 は0であってもよい。 m が2～5の整数であり、最も右側の n_2 が0である場合、 n_1 は0であってもよい。

m が2以上の場合、2以上のB Tは同じであっても異なってもよく、2以上のF L²は同じであっても異なってもよく、2以上の n_2 は同じであっても異なってもよく、

10

20

30

40

50

い。

n_1 が 2 以上である場合、2 以上の FL^1 は同じであっても異なってもよい。

n_2 が 2 以上である場合、2 以上の FL^2 は同じであっても異なってもよい。

【請求項 2】

BT は、前記式 (4) で表される連結基である、請求項 1 に記載の有機固体レーザ。

【請求項 3】

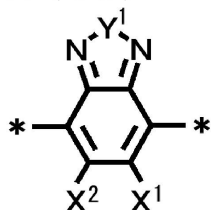
BT は、前記式 (5) で表される連結基である、請求項 1 に記載の有機固体レーザ。

【請求項 4】

BT は、以下の式 (4a) で表される連結基である請求項 2 に記載の有機固体レーザ。

【化 4】

式 (4a)



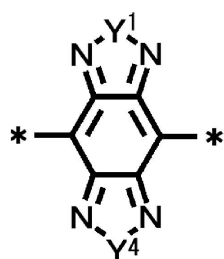
式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 T^1 は置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^1 および X^2 はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表すか、または X^1 と X^2 は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。

【請求項 5】

BT は、以下の式 (4b) で表される連結基である請求項 4 に記載の有機固体レーザ。

【化 5】

式 (4b)



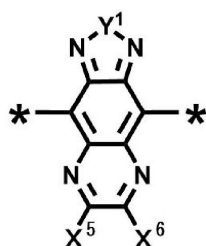
式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^4 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^4$ を表し、 T^1 および T^4 はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、各結合部位を表す。

【請求項 6】

BT は、以下の式 (4c) で表される連結基である請求項 4 に記載の有機固体レーザ。

【化 6】

式 (4c)



10

20

30

40

50

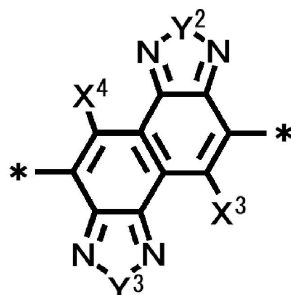
式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 T^1 は置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^5 および X^6 はそれぞれ独立して水素原子または置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^5 と X^6 は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。

【請求項 7】

BT は、以下の式 (5a) で表される連結基である請求項 3 に記載の有機固体レーザ。

【化 7】

式 (5a)



10

式中、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表し、 T^2 および T^3 はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^3 および X^4 はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表し、各結合部位を表す。

20

【請求項 8】

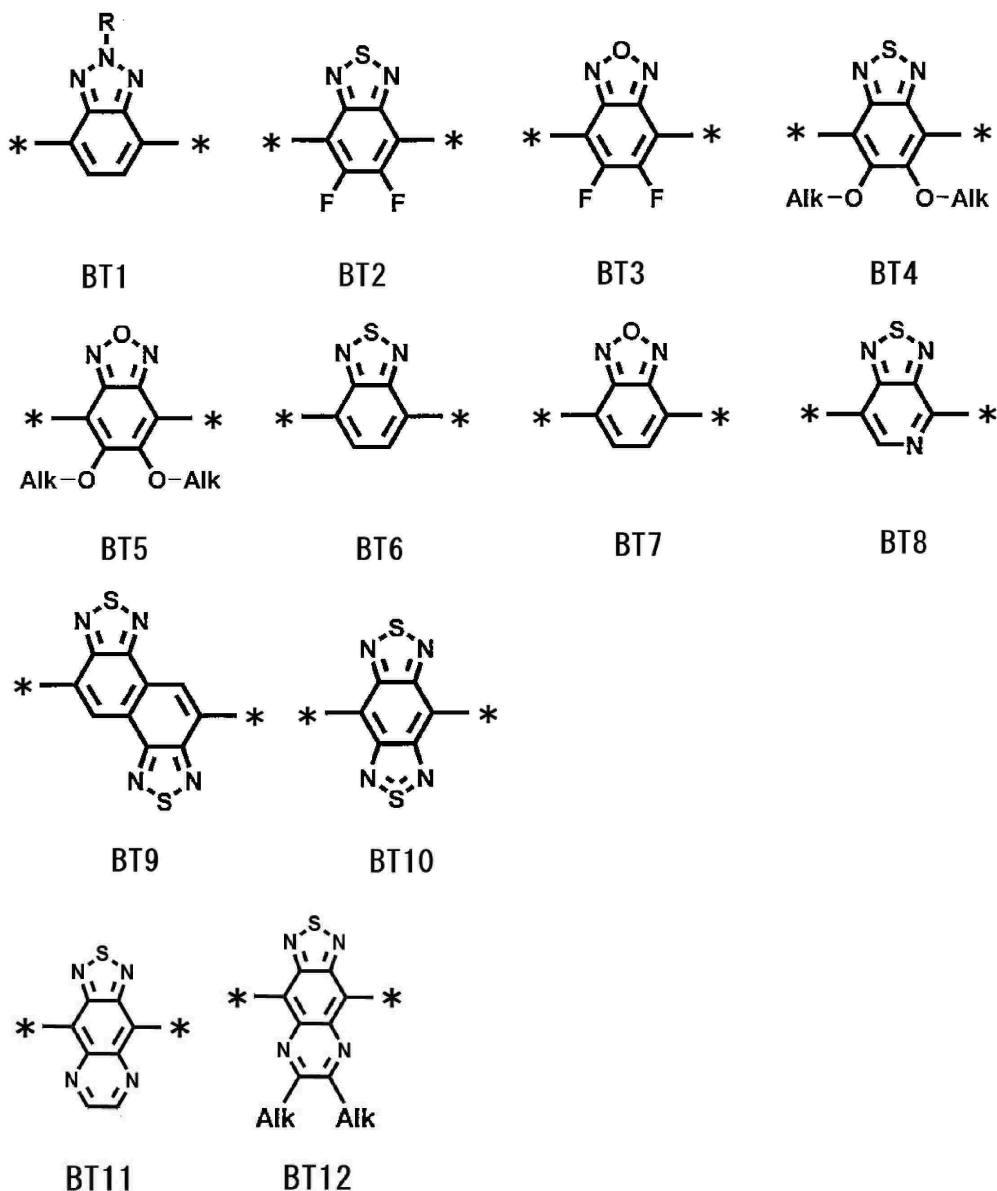
BT は、以下の BT1 ~ BT12 からなる群からそれぞれ独立して選択される、請求項 1 に記載の有機固体レーザ。

30

40

50

【化 8】



式中、RおよびAlkは、それぞれ独立して、置換または無置換のアルキル基を表し、各結合部位を表す。

【請求項 9】

FL¹およびFL²は、それぞれ独立して、前記式(2)で表される連結基である、請求項1～8のいずれか1項に記載の有機固体レーザー。

【請求項 10】

FL¹およびFL²は、それぞれ独立して、前記式(3)で表される連結基である、請求項1～8のいずれか1項に記載の有機固体レーザー。

【請求項 11】

Z¹～Z⁶は、それぞれ独立して、置換または無置換のアルキル基を表す、請求項1～10のいずれか1項に記載の有機固体レーザー。

【請求項 12】

R¹～R⁶およびR¹¹～R¹⁸が水素原子である、請求項1～11のいずれか1項に記載の有機固体レーザー。

【請求項 13】

G¹およびG²は、それぞれ独立して、置換もしくは無置換のアリール基、または置換

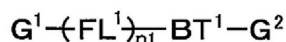
もしくは無置換のジアリールアミノ基である、請求項 1 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

【請求項 14】

前記化合物は、以下の式 (1a) で表される、請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

【化 9】

式 (1a)



式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 は前記式 (2) または式 (3) で表される連結基を表し、 BT^1 は前記式 (4) または式 (5) で表される連結基を表し、 $n1$ は 1 ～ 5 の整数である。

10

【請求項 15】

前記化合物は、以下の式 (1b) で表される、請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

【化 10】

式 (1b)



20

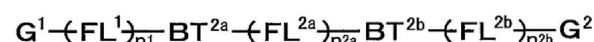
式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 および FL^{2a} はそれぞれ独立して式 (2) または式 (3) で表される連結基を表し、 BT^{2a} は式 (4) または式 (5) で表される連結基を表し、 $n1$ および $n2a$ はそれぞれ独立して 1 ～ 5 の整数である。

【請求項 16】

前記化合物は、以下の式 (1c) で表される、請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

【化 11】

式 (1c)



30

式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} および FL^{2b} はそれぞれ独立して前記式 (2) または式 (3) で表される連結基を表し、 BT^{2a} および BT^{2b} はそれぞれ独立して前記式 (4) または式 (5) で表される連結基を表し、 $n1$ および $n2a$ はそれぞれ独立して 1 ～ 5 の整数を表し、 $n2b$ は 0 ～ 5 の整数である。

【請求項 17】

前記化合物は、以下の式 (1d) で表される、請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

40

【化 12】

式 (1d)



式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} および FL^{2c} はそれぞれ独立して前記式 (2) または式 (3) で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} および BT^{2c} はそれぞれ独立して前記式 (4) または式 (5) で表される連結基を表し、 $n1$ 、 $n2a$ および $n2b$ はそれぞれ独立して 1 ～ 5 の整数であり、 $n2c$ は 0 ～ 5 の整数である。

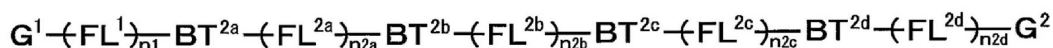
50

【請求項 18】

前記化合物は、以下の式（1 e）で表される、請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザー。

【化 13】

式（1 e）



式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} 、 FL^{2c} および FL^{2d} はそれぞれ独立して前記式（2）または式（3）で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} および BT^{2d} はそれぞれ独立して前記式（4）または式（5）で表される連結基を表し、 $n1$ 、 $n2a$ 、 $n2b$ および $n2c$ はそれぞれ独立して 1～5 の整数であり、 $n2d$ は 0～5 の整数である。

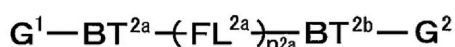
10

【請求項 19】

前記化合物は、以下の式（1 f）で表される、請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザー。

【化 14】

式（1 f）



20

式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a} は前記式（2）または式（3）で表される連結基を表し、 BT^{2a} および BT^{2b} はそれぞれ独立して前記式（4）または式（5）で表される連結基を表し、 $n2a$ は 1～5 の整数である。

【請求項 20】

前記化合物は、以下の式（1 g）で表される、請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザー。

【化 15】

式（1 g）



30

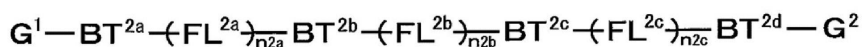
式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a} および FL^{2b} はそれぞれ独立して前記式（2）または式（3）で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} および BT^{2c} はそれぞれ独立して前記式（4）または式（5）で表される連結基を表し、 $n2a$ および $n2b$ はそれぞれ独立して 1～5 の整数である。

【請求項 21】

前記化合物は、以下の式（1 h）で表される、請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザー。

【化 16】

式（1 h）



40

式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a} 、 FL^{2b} および FL^{2c} はそれぞれ独立して前記式（2）または式（3）で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} および BT^{2d} はそれぞれ独立して前記式（4）または式（5）で表される連結基を表し、 $n2a$ 、 $n2b$ および $n2c$ はそれぞれ独立して 1～5 の整数である。

【請求項 22】

50

以下の式（１）で表される化合物。

【化１７】

式（１）



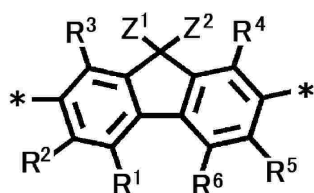
式中、

G^1 および G^2 は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表す。

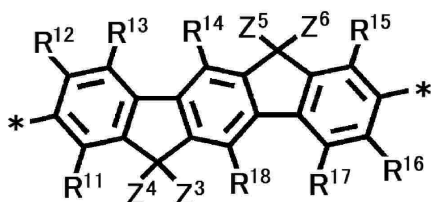
FL^1 および FL^2 は、それぞれ独立して、以下の式（２）または式（３）で表される連結基である。

【化１８】

式（２）



式（３）

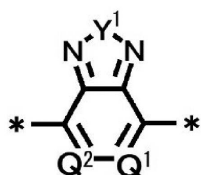


（式中、 $R^1 \sim R^6$ 、 $R^{11} \sim R^{18}$ および $Z^1 \sim Z^6$ は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表し、 R^1 と R^2 、 R^5 と R^6 、 R^{12} と R^{13} 、 R^{16} と R^{17} は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。）

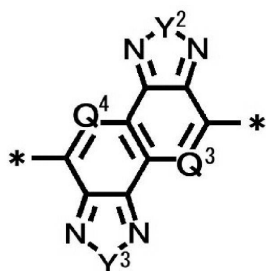
BT は、以下の式（４）または式（５）で表される連結基を表す。

【化１９】

式（４）



式（５）



（式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表し、 Q^1 は窒素原子または $C-X^1$ を表し、 Q^2 は窒素原子または $C-X^2$ を表し、 Q^3 は窒素原子または $C-X^3$ を表す。）

を表し、 Q^4 は窒素原子または $C-X^4$ を表し、 $T^1 \sim T^3$ はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 $X^1 \sim X^4$ はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表すか、または X^1 と X^2 とが結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。)

n_1 、 n_2 および m は、それぞれ独立して、1～5の整数を表す。

最も右側の n_2 は0であってもよい。

m が2以上の場合、2以上の BT は同じであっても異なってもよく、2以上の FL^2 は同じであっても異なってもよく、2以上の n_2 は同じであっても異なってもよい。

n_1 が1以上である場合、2以上の FL^2 は同じであっても異なってもよい。

n_2 が2以上である場合、2以上の FL^2 は同じであっても異なってもよい。

n_1 および m が1である場合、以下の3つの条件のうちの少なくとも1つを満たす。

(1) FL^1 および FL^2 の少なくとも1つは、式(3)で表される連結基である。

(2) BT は、式(5)で表される連結基である。

(3) G^1 および G^2 の少なくとも1つは、置換または無置換のジアリアルアミノ基である。

【請求項23】

以下の式(1)で表される化合物の、有機固体レーザにおけるエミッタとしての使用。

【化20】

式(1)



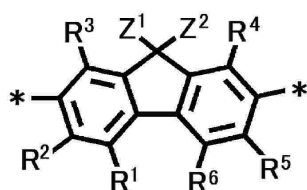
式中、

G^1 および G^2 は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表す。

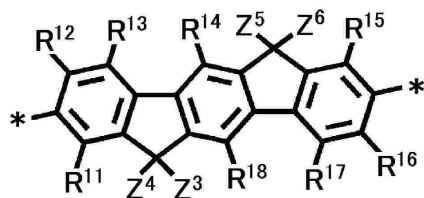
FL^1 および FL^2 は、それぞれ独立して、以下の式(2)または式(3)で表される連結基を表す。

【化21】

式(2)



式(3)



(式中、 $R^1 \sim R^6$ 、 $R^{11} \sim R^{18}$ および $Z^1 \sim Z^6$ は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表し、 R^1 と R^2 、 R^5 と R^6 、 R^{12} と R^{13} 、 R^{16} と R^{17} は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。)

BT は、以下の式(4)または式(5)で表される連結基を表す。

10

20

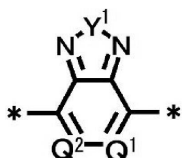
30

40

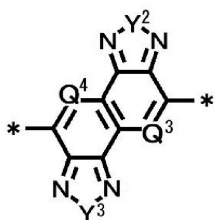
50

【化 2 2】

式 (4)



式 (5)



(式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表し、 Q^1 は窒素原子または $C-X^1$ を表し、 Q^2 は窒素原子または $C-X^2$ を表し、 Q^3 は窒素原子または $C-X^3$ を表し、 Q^4 は窒素原子または $C-X^4$ を表し、 $T^1 \sim T^3$ はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 $X^1 \sim X^4$ はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表すか、または X^1 と X^2 とが互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。)

n_1 、 n_2 および m は、それぞれ独立して、1～5の整数を表す。

最も右側の n_2 は0であってもよく、 m が2～5の整数であり、最も右側の n_2 が0である場合、 n_1 は0であってもよい。

m が2以上の場合、2以上の B は同じであっても異なってもよく、2以上の F は同じであっても異なってもよく、2以上の n_2 は同じであっても異なってもよい。

n_1 が2以上である場合、2以上の F は同じであっても異なってもよい。

n_2 が2以上である場合、2以上の F は同じであっても異なってもよい。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機固体レーザ、新規化合物および有機固体レーザにおけるエミッタとしての該化合物の使用に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザ発振閾値が低い有機固体レーザの開発研究が盛んに行われている。このような有機固体レーザを実現するためには、優れたレージング特性を有する有機化合物の開発が必要である。このため、種々の有機化合物が合成され、そのレージング特性が検討されている。非特許文献1には、B S B C zなどのビススチルベン誘導体が低いA S E（自然放射増幅光）閾値を示し、優れた有機レーザ材料であることが報告されている。しかしながら、有用な有機レーザ材料の数はまだ少ない。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【文献】アプライド・フィジックス・レターズ (Appl. Phys. Lett.)、第86巻、071110 (2005年)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

本発明の目的は、新規な有機レーザ材料およびそれを用いた有機固体レーザを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００５】

本発明者らは鋭意検討した結果、特定の構造を有する化合物群が優れたレージング特性を有することを見出した。すなわち、本発明者らは以下の発明を提供した。

【１】以下の式（１）で表される化合物を含有する有機固体レーザ。

【化１】

式（１）



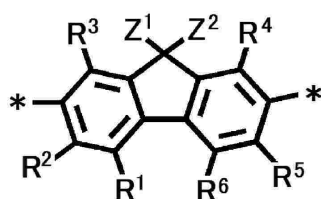
式中、

G^1 および G^2 は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表す。

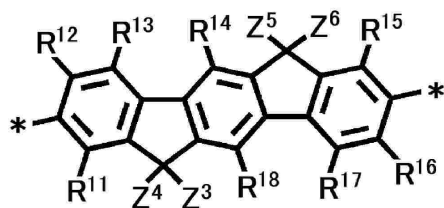
FL^1 および FL^2 は、それぞれ独立して、以下の式（２）または式（３）で表される連結基を表す。

【化２】

式（２）



式（３）



（式中、 $R^1 \sim R^6$ 、 $R^{11} \sim R^{18}$ および $Z^1 \sim Z^6$ は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表し、 R^1 と R^2 、 R^5 と R^6 、 R^{12} と R^{13} 、 R^{16} と R^{17} は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。）

BT は、以下の式（４）または式（５）で表される連結基を表す。

10

20

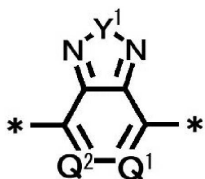
30

40

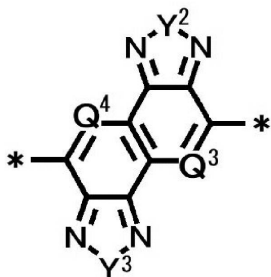
50

【化 3】

式 (4)



式 (5)



(式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表し、 Q^1 は窒素原子または $C-X^1$ を表し、 Q^2 は窒素原子または $C-X^2$ を表し、 Q^3 は窒素原子または $C-X^3$ を表し、 Q^4 は窒素原子または $C-X^4$ を表し、 $T^1 \sim T^3$ はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 $X^1 \sim X^4$ はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表すか、または X^1 と X^2 とが互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。)

n_1 、 n_2 および m は、それぞれ独立して、1～5 の整数を表す。

最も右側の n_2 は 0 であってもよい。 m が 2～5 の整数であり、最も右側の n_2 が 0 である場合、 n_1 は 0 であってもよい。

m が 2 以上の場合、2 以上の BT は同じであっても異なってもよく、2 以上の FL^2 は同じであっても異なってもよく、2 以上の n_2 は同じであっても異なってもよい。

n_1 が 2 以上である場合、2 以上の FL^1 は同じであっても異なってもよい。

n_2 が 2 以上である場合、2 以上の FL^2 は同じであっても異なってもよい。

【0 0 0 6】

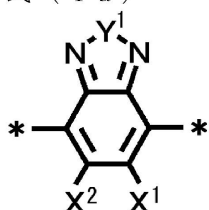
〔2〕 BT は、式 (4) で表される連結基である、〔1〕に記載の有機固体レーザ。

〔3〕 BT は、式 (5) で表される連結基である、〔1〕に記載の有機固体レーザ。

〔4〕 BT は、以下の式 (4a) で表される連結基である、〔2〕に記載の有機固体レーザ。

【化 4】

式 (4a)



式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 T^1 は置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^1 および X^2 はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアル

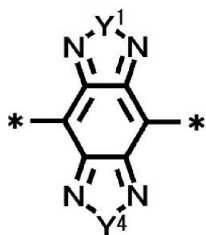
キル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表すか、または X^1 と X^2 は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。

【0007】

〔5〕BTは、以下の式（4b）で表される連結基である、〔4〕に記載の有機固体レーザ。

【化5】

式（4b）



10

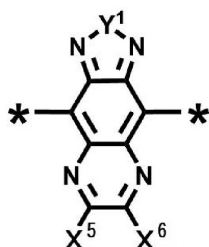
式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^4 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^4$ を表し、 T^1 および T^4 はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、各結合部位を表す。

【0008】

〔6〕BTは、以下の式（4c）で表される連結基である、〔4〕に記載の有機固体レーザ。

【化6】

式（4c）



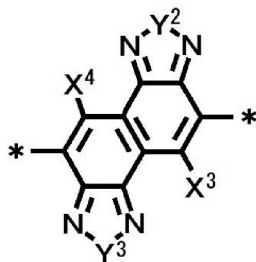
30

式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 T^1 は置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^5 および X^6 はそれぞれ独立して水素原子または置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^5 と X^6 は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。

〔7〕BTは、以下の式（5a）で表される連結基である、〔3〕に記載の有機固体レーザ。

【化7】

式（5a）



40

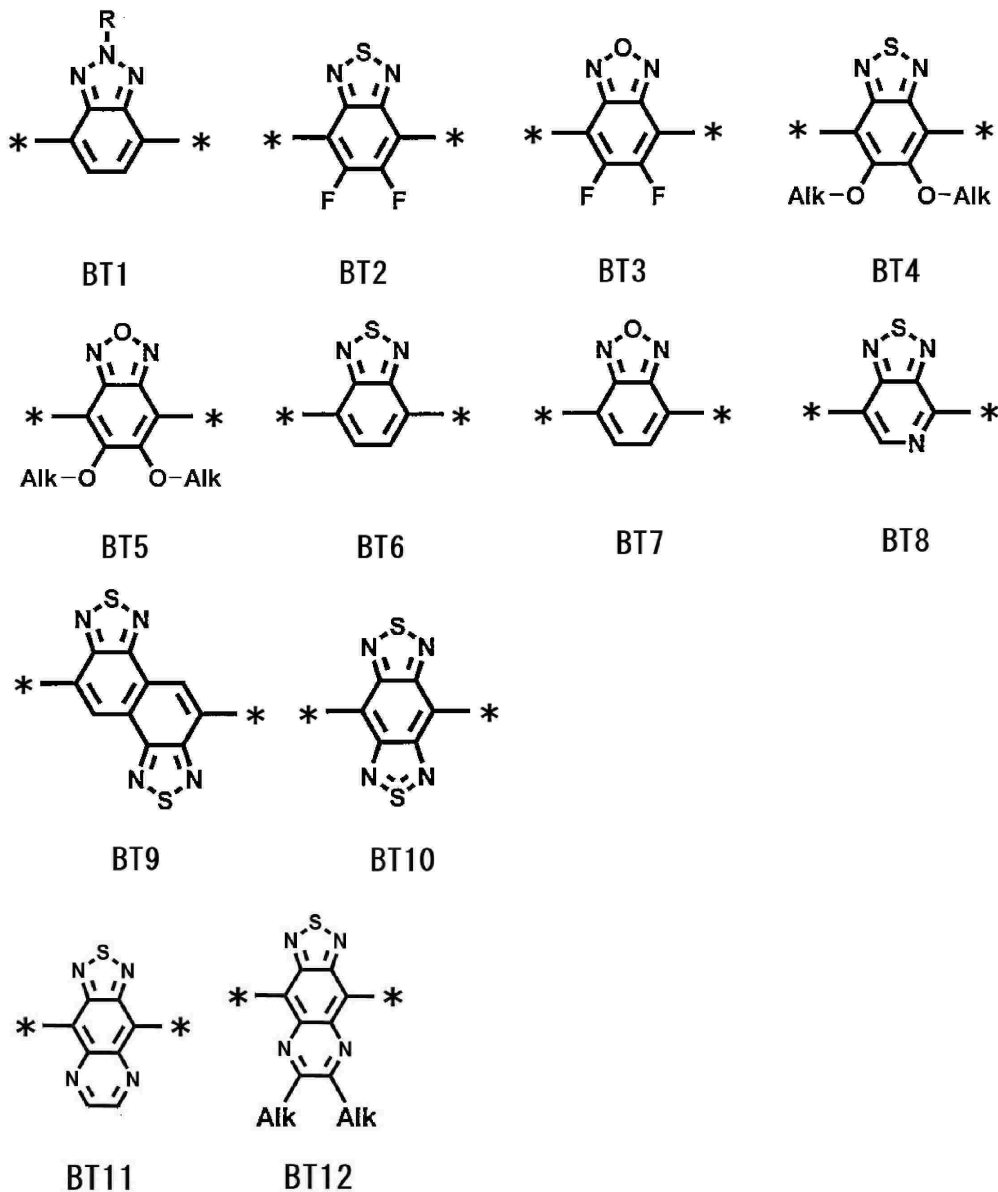
式中、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表し、 T^2 および T^3 はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^3 および X^4 はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表し、各結合部位を表す。

50

【 0 0 0 9 】

〔 8 〕 B T は、以下の B T 1 ～ B T 1 2 からなる群からそれぞれ独立して選択される、
〔 1 〕 に記載の有機固体レーザ。

【 化 8 】



式中、RおよびAlkは、それぞれ独立して、置換または無置換のアルキル基を表し、各結合部位を表す。

【 0 0 1 0 】

〔 9 〕 F L ¹ および F L ² は、それぞれ独立して、式（ 2 ） で表される連結基である、
〔 1 〕 ～ 〔 8 〕 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

〔 1 0 〕 F L ¹ および F L ² は、それぞれ独立して、式（ 3 ） で表される連結基である、
〔 1 〕 ～ 〔 8 〕 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

〔 1 1 〕 Z ¹ ～ Z ⁶ は、それぞれ独立して、置換または無置換のアルキル基を表す、
〔 1 〕 ～ 〔 1 0 〕 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

【 0 0 1 1 】

〔 1 2 〕 R ¹ ～ R ⁶ および R ^{1 1} ～ R ^{1 8} が水素原子である、〔 1 〕 ～ 〔 1 1 〕 のいずれか 1 項に記載の有機固体レーザ。

〔 1 3 〕 G ¹ および G ² は、それぞれ独立して、置換もしくは無置換のアリール基、ま

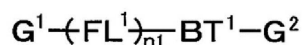
たは置換もしくは無置換のジアリールアミノ基である、[1] ~ [12] のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【0012】

[14] 前記化合物は、以下の式(1a)で表される、[1] ~ [13] のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【化9】

式(1a)



10

式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 は式(2)または式(3)で表される連結基を表し、 BT^1 は式(4)または式(5)で表される連結基を表し、 $n1$ は1~5の整数である。

【0013】

[15] 前記化合物は、以下の式(1b)で表される、[1] ~ [13] のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【化10】

式(1b)



20

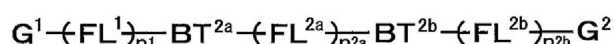
式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 および FL^{2a} はそれぞれ独立して式(2)または式(3)で表される連結基を表し、 BT^{2a} は式(4)または式(5)で表される連結基を表し、 $n1$ および $n2a$ はそれぞれ独立して1~5の整数である。

【0014】

[16] 前記化合物は、以下の式(1c)で表される、[1] ~ [13] のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【化11】

式(1c)



30

式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} および FL^{2b} はそれぞれ独立して式(2)または式(3)で表される連結基を表し、 BT^{2a} および BT^{2b} はそれぞれ独立して式(4)または式(5)で表される連結基を表し、 $n1$ および $n2a$ はそれぞれ独立して1~5の整数を表し、 $n2b$ は0~5の整数である。

[17] 前記化合物は、以下の式(1d)で表される、[1] ~ [13] のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【化12】

式(1d)



40

式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} および FL^{2c} はそれぞれ独立して式(2)または式(3)で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} および BT^{2c} はそれぞれ独立して式(4)または式(5)で表される連結基を表し、 $n1$ 、 $n2a$ および $n2b$ はそれぞれ独立して1~5の整数であり、 $n2c$ は0~5の整数である。

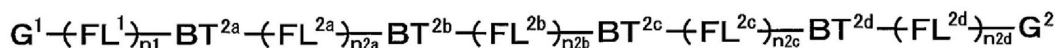
【0015】

50

【18】前記化合物は、以下の式（1e）で表される、[1]～[13]のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【化13】

式（1e）



式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} 、 FL^{2c} および FL^{2d} はそれぞれ独立して式（2）または式（3）で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} および BT^{2d} はそれぞれ独立して式（4）または式（5）で表される連結基を表し、 $n1$ 、 $n2a$ 、 $n2b$ および $n2c$ はそれぞれ独立して1～5の整数であり、 $n2d$ は0～5の整数である。

10

【19】前記化合物は、以下の式（1f）で表される、[1]～[13]のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【化14】

式（1f）



式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a} は式（2）または式（3）で表される連結基を表し、 BT^{2a} および BT^{2b} はそれぞれ独立して式（4）または式（5）で表される連結基を表し、 $n2a$ は1～5の整数である。

20

【0016】

【20】前記化合物は、以下の式（1g）で表される、[1]～[13]のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【化15】

式（1g）



30

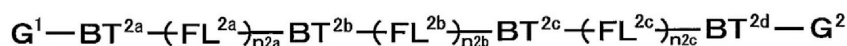
式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a} および FL^{2b} はそれぞれ独立して式（2）または式（3）で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} および BT^{2c} はそれぞれ独立して式（4）または式（5）で表される連結基を表し、 $n2a$ および $n2b$ はそれぞれ独立して1～5の整数である。

【0017】

【21】前記化合物は、以下の式（1h）で表される、[1]～[13]のいずれか1項に記載の有機固体レーザ。

【化16】

式（1h）



40

式中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a} 、 FL^{2b} および FL^{2c} はそれぞれ独立して式（2）または式（3）で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} および BT^{2d} はそれぞれ独立して式（4）または式（5）で表される連結基を表し、 $n2a$ 、 $n2b$ および $n2c$ はそれぞれ独立して1～5の整数である。

【0018】

【22】以下の式（1）で表される化合物。

50

【化 17】

式 (1)

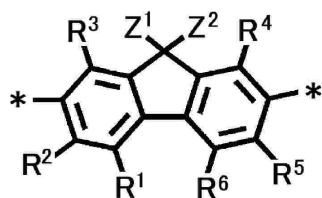


式中、

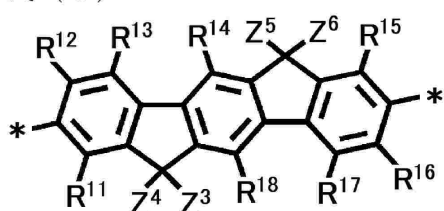
 G^1 および G^2 は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表す。 FL^1 および FL^2 は、それぞれ独立して、以下の式 (2) または式 (3) で表される連結基である。

【化 18】

式 (2)



式 (3)

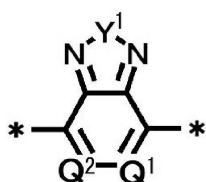


(式中、 $R^1 \sim R^6$ 、 $R^{11} \sim R^{18}$ および $Z^1 \sim Z^6$ は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表し、 R^1 と R^2 、 R^5 と R^6 、 R^{12} と R^{13} 、 R^{16} と R^{17} は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。)

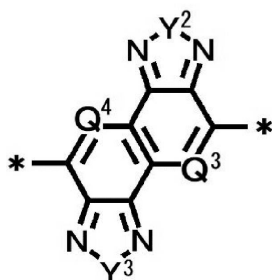
 BT は、以下の式 (4) または式 (5) で表される連結基を表す。

【化 19】

式 (4)



式 (5)



(式中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表し、 Q^1 は窒素原子また

は $C-X^1$ を表し、 Q^2 は窒素原子または $C-X^2$ を表し、 Q^3 は窒素原子または $C-X^3$ を表し、 Q^4 は窒素原子または $C-X^4$ を表し、 $T^1 \sim T^3$ はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 $X^1 \sim X^4$ はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表すか、または X^1 と X^2 とが互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。)

n_1 、 n_2 および m は、それぞれ独立して、1～5の整数を表す。

最も右側の n_2 は0であってもよい。

m が2以上の場合、2以上の BT は同じであっても異なってもよく、2以上の FL^2 は同じであっても異なってもよく、2以上の n_2 は同じであっても異なってもよい。

n_1 が1以上である場合、2以上の FL^2 は同じであっても異なってもよい。

n_2 が2以上である場合、2以上の FL^2 は同じであっても異なってもよい。

n_1 および m が1である場合、以下の3つの条件のうちの少なくとも1つを満たす。

(1) FL^1 および FL^2 の少なくとも1つは、式(3)で表される連結基である。

(2) BT は、式(5)で表される連結基である。

(3) G^1 および G^2 の少なくとも1つは、置換または無置換のジアリールアミノ基である。

【0019】

[23] [1] に記載の化合物の、有機固体レーザにおけるエミッタとしての使用。

【発明の効果】

【0020】

式(1)で表される化合物は、優れたレージング特性を有する。式(1)で表される化合物を含有する有機発光素子は、レーザ発振閾値が低い。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】(a) 励起強度の関数としての強度の変動および励起強度の関数としてのFWHMの変動、ならびに(b) 励起強度の関数としてのスペクトルの変動を示す。

【図2】(a) 実施例2のDFBレーザの発光スペクトル、および(b) ポンプエネルギー密度の関数としての発光出力強度を示す。

【図3】(a) 実施例3のDFBレーザの発光スペクトル、および(b) ポンプエネルギー密度の関数としての発光出力強度を示す。

【図4】(a) 実施例4のDFBレーザの発光スペクトル、および(b) ポンプエネルギー密度の関数としての発光出力強度を示す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の内容について詳細に説明する。以下、本発明の代表的な実施形態および具体例を参照して本発明の要素を説明するが、本発明はこれらの実施形態および具体例に限定されるものではない。本明細書において、上限値および／または下限値を参照して表される数値範囲は、その上限値および／または下限値を含む範囲を意味する。室温とは25℃を意味する。

【0023】

(定義)

本発明に用いられる化合物に存在する水素原子の同位体種は特に限定されず、例えば、分子内の全ての水素原子が ^1H であってもよいし、その全部または一部が ^2H （重水素(D)）であってもよい。

本願でいうアルキル基は、直鎖状、分岐鎖状、環状のいずれであってもよく、直鎖状または分岐鎖状のアルキル基が好ましい。アルキル基は、好ましくは炭素数1～20、より好ましくは炭素数1～12（例えば、メチル基、エチル基、 n -プロピル基、イソプロピル基、 n -ブチル基、イソブチル基、 $tert$ -ブチル基、 n -ペンチル基、イソペンチル基、 n -ヘキシル基、イソヘキシル基、 n -ヘプチル基、 n -オクチル基、 n -ノニル

10

20

30

40

50

基、*n*-デシル基、*n*-ウンデシル基、*n*-ドデシル基)である。環状アルキル基としては、例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基、ビスクロ[2.1.1]ヘキシル基、およびビスクロ[2.2.1]ヘプチル基が挙げられる。アルキル基は置換されていてもよい。この場合の置換基としては、例えば、アルコキシ基、アリール基、アリールオキシ基、アシル基、水酸基、ハロゲン原子、ニトロ基、ジアリールアミノ基(9-カルバゾリル基を含む)、およびシアノ基が挙げられ、アルコキシ基、アリール基、およびアリールオキシ基が好ましい。

【0024】

本願でいうアリール基は、芳香族環を1つのみ含む構造であってもよく、2つ以上の芳香族環が縮合した構造であってもよい。アリール基は、環骨格形成炭素数が6~22であることが好ましく、環骨格形成炭素数が6~18であることがより好ましく、環骨格形成炭素数が6~14であることがさらに好ましく、環骨格形成炭素数が6~10であることがなおさらに好ましい。アリール基としては、例えば、フェニル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基、1-アントラニル基、2-アントラニル基、9-アントラニル基、1-フェナントリル基、2-フェナントリル基、3-フェナントリル基、4-フェナントリル基、9-フェナントリル基、1-ナフタセニル基、2-ナフタセニル基、1-ピレニル基、および2-ピレニル基が挙げられる。アリール基は置換されていてもよい。この場合の置換基としては、例えば、アルキル基、アルコキシ基、アリール基、アリールオキシ基、アシル基、水酸基、ハロゲン原子、ニトロ基、ジアリールアミノ基(9-カルバゾリル基を含む)、およびシアノ基が挙げられ、アルキル基、アルコキシ基、アリール基、およびアリールオキシ基が好ましい。

【0025】

本願でいうヘテロアリール基は、ヘテロ芳香族環を1つのみ含む構造であってもよく、2つ以上のヘテロ芳香族環が縮合した構造であってもよい。ヘテロアリール基は、少なくとも1つのヘテロ芳香族環および少なくとも1つの芳香族環を含んでいてもよい。ヘテロアリール基は、環骨格形成原子数が5~22であることが好ましく、環骨格形成原子数が5~18であることがより好ましく、環骨格形成原子数が5~14であることがさらに好ましく、環骨格形成原子数が5~10であることがなおさらに好ましい。ヘテロアリール基としては、例えば、2-チエニル基、3-チエニル基、2-フリル基、3-フリル基、2-ピリジル基、3-ピリジル基、4-ピリジル基、2-ピラジニル基、2-キノリル基、3-キノリル基、4-キノリル基、1-イソキノリル基、および3-イソキノリル基が挙げられる。ヘテロアリール基の他の例としては、ベンゾフリル基、ピロリル基、インドリル基、イソインドリル基、アザインドリル基、ベンゾチエニル基、ピリジル基、キノリニル基、イソキノリル基、イミダゾリル基、ベンゾイミダゾリル基、ピラゾリル基、オキサゾリル基、イソオキサゾリル基、ベンゾオキサゾリル基、チアゾリル基、ベンゾチアゾリル基、イソチアゾリル基、ピリダジニル基、ピリミジニル基、ピラジニル基、トリアジニル基、シンノリニル基、フタラジニル基、およびキナゾリニル基が挙げられる。ヘテロアリール基は置換されていてもよい。この場合の置換基としては、例えば、アルキル基、アルコキシ基、アリール基、アリールオキシ基、水酸基、ハロゲン原子、ニトロ基、ジアリールアミノ基(9-カルバゾリル基を含む)、およびシアノ基が挙げられ、アルキル基、アルコキシ基、アリール基、およびアリールオキシ基が好ましい。

【0026】

本願でいうアルコキシ基およびジアルキルアミノ基のアルキル部分については、アルキル基についての説明を参照することができる。

本願でいうアリールオキシ基およびジアリールアミノ基のアリール部分については、アリール基についての説明を参照することができる。

本願でいうハロゲン原子としては、フッ素原子、塩素原子、臭素原子、またはヨウ素原子が好ましい。

【0027】

(式(1)で表される化合物)

10

20

30

40

50

本発明の化合物は、以下の式（１）で表される構造を有する。

【化２０】

式（１）



【００２８】

式（１）中の G^1 および G^2 は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表し、分子の安定性の点から置換基を表すことがより好ましい。

G^1 および G^2 の置換基として好ましくは、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアリール基、置換もしくは無置換のヘテロアリール基、置換もしくは無置換のアルコキシ基、置換もしくは無置換のアリールオキシ基、置換もしくは無置換のヘテロアリールオキシ基、ハロゲン原子、または二置換アミノ基であり、より好ましくは置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアリール基、または二置換アミノ基であり、さらにより好ましくは置換もしくは無置換のアリール基、または二置換アミノ基である。二置換アミノ基としては、好ましくは置換もしくは無置換のジアルキルアミノ基、または置換もしくは無置換のジアリールアミノ基であり、より好ましくは置換もしくは無置換のジアリールアミノ基である。置換もしくは無置換のジアリールアミノ基としては、例えば、無置換のジフェニルアミノ基、置換もしくは無置換のジナフチルアミノ基、置換もしくは無置換のフェニルナフチルアミノ基等の置換もしくは無置換のジフェニルアミノ基が挙げられる。 G^1 および G^2 における置換もしくは無置換のアリール基としては、ジフェニルアミノフェニル基、ビス（ジメトキフェニルアミノ）フェニル基等の置換もしくは無置換のジアリールアミノフェニル基、イソプロポキシフェニル基等の置換もしくは無置換のアルコキシフェニル基、イソプロピルチオフェニル基等の置換もしくは無置換のアルキルチオフェニル基、トリフェニルシリルフェニル基等の置換もしくは無置換のシリルフェニル基、トリフルオロメチルフェニル基等の置換もしくは無置換のアルキルフェニル基、置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、または置換もしくは無置換のジベンゾチエニル基が好ましい。

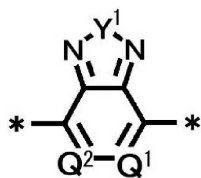
G^1 および G^2 は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、 G^1 および G^2 は同じである。より好ましくは、 G^1 および G^2 は置換基である。

【００２９】

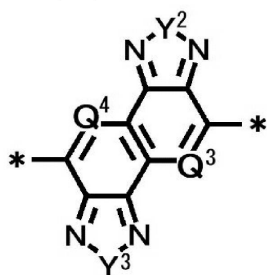
式（１）中の BT は、以下の式（４）または式（５）で表される連結基を表す。

【化２１】

式（４）



式（５）



10

20

30

40

50

【0030】

式(4)および式(5)中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表す。 Y^2 および Y^3 は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、 Y^2 および Y^3 は同じである。 Y^1 、 Y^2 および Y^3 は、酸素原子または硫黄原子であってもよい。 Y^1 、 Y^2 および Y^3 は、それぞれ $N-T^1$ 、 $N-T^2$ および $N-T^3$ であってもよい。 $T^1 \sim T^3$ は、それぞれ独立して、置換または無置換のアルキル基を表す。前記アルキル基上の置換基としては、例えば、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のヘテロアリール基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のアリールオキシ基、置換または無置換のヘテロアリールオキシ基、ハロゲン原子などが挙げられる。 $T^1 \sim T^3$ は、無置換のアルキル基であってもよい。いくつかの実施形態において、 $T^1 \sim T^3$ は、7～12個の炭素原子を有するアルキル基である。 T^2 および T^3 は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、 T^2 および T^3 は同じである。

10

式(4)および(5)中、 Q^1 は窒素原子または $C-X^1$ を表し、 Q^2 は窒素原子または $C-X^2$ を表し、 Q^3 は窒素原子または $C-X^3$ を表し、 Q^4 は窒素原子または $C-X^4$ を表す。 Q^1 および Q^2 は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、 Q^1 および Q^2 は同じである。 Q^3 および Q^4 は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、 Q^3 および Q^4 は同じである。 $X^1 \sim X^4$ は、それぞれ独立して、水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基、またはハロゲン原子を表す。いくつかの実施形態では、 $X^1 \sim X^4$ は水素原子である。いくつかの実施形態では、 $X^1 \sim X^4$ は、1～12個の炭素原子、例えば7～12個の炭素原子を有する置換もしくは無置換のアルコキシ基である。アルキル基およびアルコキシ基上の置換基としては、例えば、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のヘテロアリール基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のアリールオキシ基、置換または無置換のヘテロアリールオキシ基、ハロゲン原子などが挙げられる。いくつかの実施形態では、 $X^1 \sim X^4$ は、フッ素原子などのハロゲン原子である。 X^1 と X^2 は互いに結合して環を形成していてもよい。形成した環は、4～10個の環骨格形成原子を有していてもよく、5～8個の環骨格形成原子を有していることがより好ましく、5～7個の環骨格形成原子を有していることがさらに好ましい。形成した環は、芳香族環であってもよく、脂肪族環であってもよい。環の例としては、シクロペンタン環、シクロヘキサン環およびシクロヘプタン環、ベンゼン環、ナフタレン環およびピリジン環が挙げられる。

20

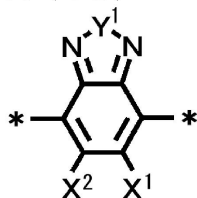
30

【0031】

式(1)中のBTは、以下の式(4a)で表される連結基であってもよい。

【化22】

式(4a)



40

式(4a)中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 T^1 は置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^1 および X^2 はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表すか、または X^1 と X^2 は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。

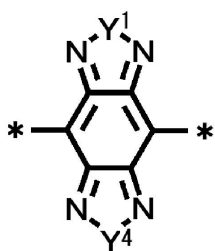
【0032】

式(1)中のBTは、以下の式(4b)で表される連結基であってもよい。

50

【化 2 3】

式 (4 b)



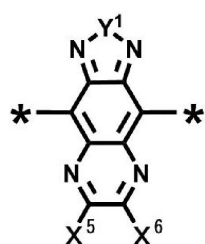
式 (4 b) 中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 Y^4 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^4$ を表し、 T^1 および T^4 はそれぞれ独立して置換または無置換のアルキル基を表し、各結合部位を表す。

【0033】

式 (1) 中の BT は、以下の式 (4 c) で表される連結基であってもよい。

【化 2 4】

式 (4 c)



【0034】

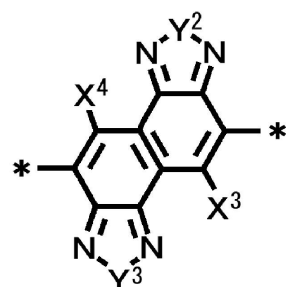
式 (4 c) 中、 Y^1 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^1$ を表し、 T^1 は置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^5 および X^6 はそれぞれ独立して水素原子または置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^5 と X^6 は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。 X^5 および X^6 は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、 X^5 および X^6 は同じである。いくつかの実施形態において、 X^5 および X^6 は置換もしくは無置換のアルキル基であり、より好ましくは無置換のアルキル基である。いくつかの実施形態において、 X^5 および X^6 は、1~12 個の炭素原子を有する置換もしくは無置換のアルキル基である。 X^5 および X^6 におけるアルキル基の置換基としては、 $X^1 \sim X^4$ におけるアルキル基の置換基の説明を参照することができる。 X^5 と X^6 とが互いに結合して形成する環については、 X^1 と X^2 とが互いに結合して形成する環についての説明を参照することができる。

【0035】

式 (1) 中の BT は、以下の式 (5 a) で表される連結基であってもよい。

【化 2 5】

式 (5 a)



10

20

30

40

50

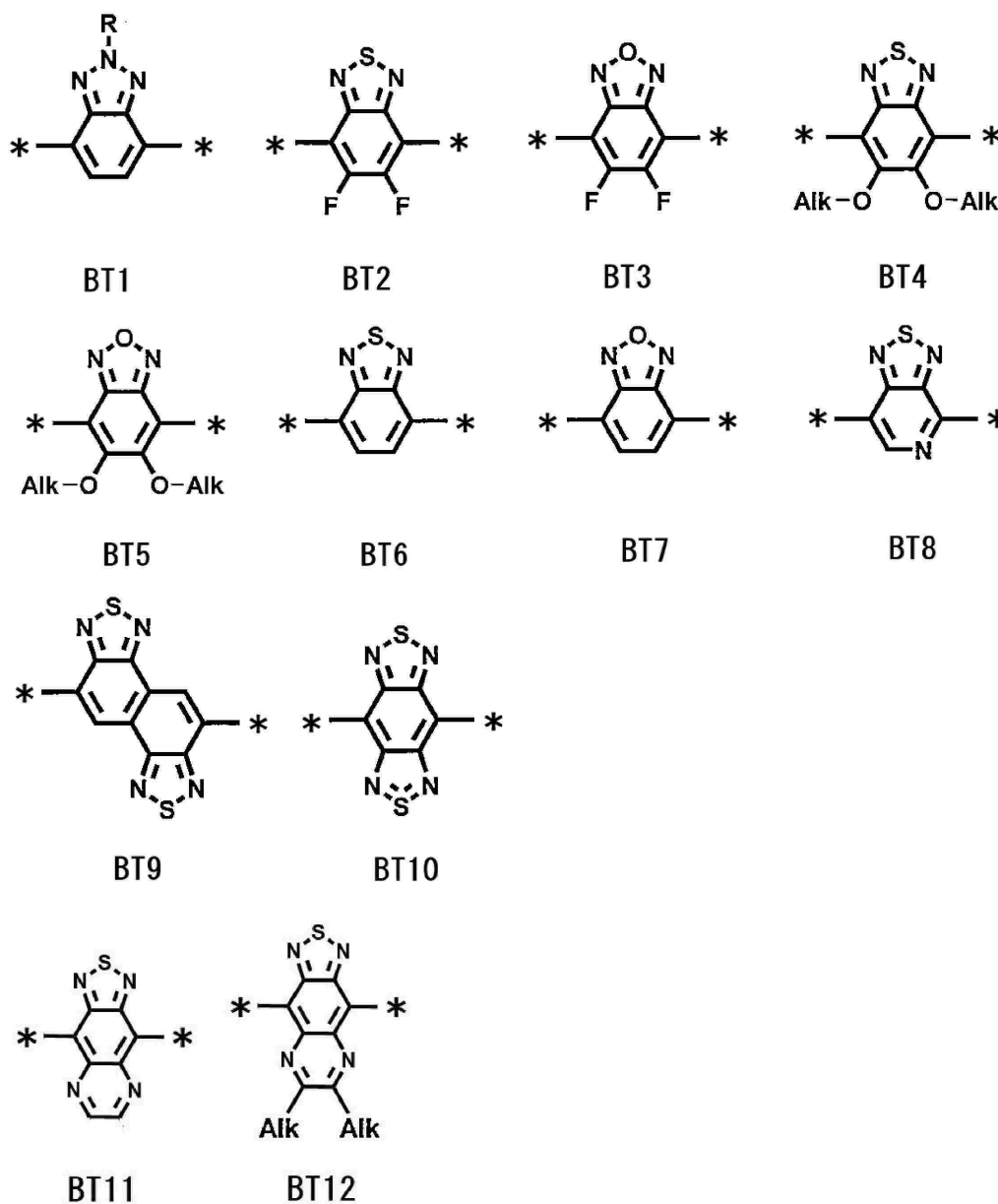
式(5a)中、 Y^2 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^2$ を表し、 Y^3 は酸素原子、硫黄原子または $N-T^3$ を表し、 T^2 および T^3 はそれぞれ独立して置換もしくは無置換のアルキル基を表し、 X^3 および X^4 はそれぞれ独立して水素原子、置換もしくは無置換のアルキル基、置換もしくは無置換のアルコキシ基またはハロゲン原子を表し、各結合部位を表す。

式(4a)、(4b)および(5a)中の Y^1 、 Y^2 、 Y^3 、 Y^4 、 X^1 、 X^2 、 X^3 、 X^4 、 T^1 、 T^2 および T^3 については、式(4)および(5)中の Y^1 、 Y^2 、 Y^3 、 Y^4 、 X^1 、 X^2 、 X^3 、 X^4 、 T^1 、 T^2 および T^3 についての説明を参照することができる。

【0036】

式(1)中のBTは、以下のBT1～BT12からなる群から選択されることが好ましい。

【化26】



【0037】

上記式中、RおよびAlkは、それぞれ独立して、置換もしくは無置換のアルキル基を表し、各結合部位を表す。いくつかの実施形態において、BTは、BT2、BT3、BT4およびBT5からなる群から選択される。いくつかの実施形態において、BTは、BT

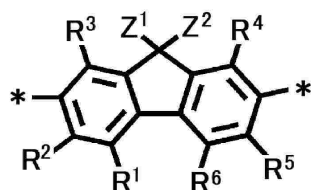
2、BT4、BT6、BT8、BT9およびBT10からなる群から選択される。いくつかの実施形態において、BTは、BT3、BT5およびBT7からなる群から選択される。いくつかの実施形態において、BTは、BT9およびBT10からなる群から選択される。BTは、所望の発光波長に応じて決定することができる。

【0038】

式(1)中のFL¹およびFL²は、それぞれ独立して、以下の式(2)または式(3)で表される連結基を表す。

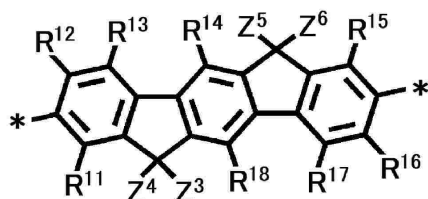
【化27】

式(2)



10

式(3)



20

【0039】

式(2)および(3)中、R¹~R⁶、R¹¹~R¹⁸およびZ¹~Z⁶は、それぞれ独立して、水素原子または置換基を表し、R¹とR²、R⁵とR⁶、R¹²とR¹³、R¹⁶とR¹⁷は互いに結合して環を形成してもよく、各結合部位を表す。FL¹およびFL²は、低閾値レージング特性に不可欠である。

【0040】

いくつかの実施形態において、R¹~R⁶、R¹¹~R¹⁸は水素原子である。いくつかの実施形態において、Z¹~Z⁶は置換もしくは無置換のアルキル基であり、より好ましくは無置換のアルキル基である。前記アルキル基上の置換基としては、例えば、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のヘテロアリール基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のアリールオキシ基、置換または無置換のヘテロアリールオキシ基、ハロゲン原子などが挙げられる。いくつかの実施形態において、Z¹~Z⁶は、1~12個の炭素原子を有するアルキル基である。いくつかの実施形態において、Z¹~Z⁶は、7~12個の炭素原子を有するアルキル基である。Z¹およびZ²は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、Z¹およびZ²は同じである。Z³およびZ⁴は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、Z³およびZ⁴は同じである。Z⁵およびZ⁶は、互いに同じであっても異なってもよい。好ましくは、Z⁵およびZ⁶は同じである。より好ましくは、Z³、Z⁴、Z⁵およびZ⁶は同じである。

30

40

【0041】

式(1)中においてn₁、n₂およびmは、それぞれ独立して、1~5の整数を表す。いくつかの実施形態において、n₁、n₂は1~3の整数であり、mは1~4の整数である。いくつかの実施形態において、n₁およびn₂の少なくとも1つは2である。いくつかの実施形態において、n₁およびn₂の少なくとも1つは2であり、他のn₁およびn₂の全ては1である。いくつかの実施形態において、n₁およびn₂の少なくとも1つは3である。いくつかの実施形態において、n₁およびn₂の少なくとも1つは3であり、他のn₁およびn₂の全ては1である。いくつかの実施形態において、n₁およびn₂は1である。いくつかの実施形態において、n₁とn₂の合計は2~8である。いくつかの実施形態において、n₁とn₂の合計は3~8である。いくつかの実施形態において、n

50

1 と n 2 の合計は 4 ～ 8 である。いくつかの実施形態において、n 1 と n 2 の合計は 5 ～ 8 である。いくつかの実施形態において、m は 1 ～ 5 の整数である。いくつかの実施形態において、m は 2 ～ 5 の整数である。いくつかの実施形態において、m は 3 ～ 5 の整数である。いくつかの実施形態において、m は 4 ～ 5 の整数である。

【0042】

最も右側の n 2 は 0 であってもよい。m が 1 である場合、n 2 は 0 または 1 ～ 5 の整数であってもよい。いくつかの実施形態において、m が 1 である場合、n 2 は 1 ～ 5 の整数である。いくつかの実施形態において、m が 1 である場合、G¹ および G² は置換基である。いくつかの実施形態において、m が 1 である場合、n 1 および n 2 の少なくとも 1 つは、2 ～ 6 の整数である。いくつかの実施形態において、m が 1 である場合、n 1 は 1 であり、n 2 は 0 である（以下の化合物 48 ～ 50、53 および 54 を参照のこと）。いくつかの実施形態において、m が 1 である場合、n 1 は 1 であり、n 2 は 1 ～ 5 の整数である。m が 2 ～ 5 の整数である場合、最も右側の n 2 は 0 または 1 ～ 5 の整数であってもよい。いくつかの実施形態において、m は 2 ～ 5 の整数であり、最も右側の n 2 は 0 である。いくつかの実施形態において、m は 2 ～ 5 の整数であり、最も右側の n 2 は 1 である。いくつかの実施形態において、m は 2 ～ 5 の整数であり、最も右側の n 2 は 1 であり、他の n 2 もまた 1 である。

【0043】

m が 2 ～ 5 の整数であり、最も右側の n 2 が 0 である場合、n 1 は 0 であってもよい。m が 2 であり、最も右側の n 2 が 0 であり、他の n 2 が 1 であり、n 1 が 0 である場合、この化合物は、G¹ - B T - F L² - B T - G² で表される（以下の化合物 57 を参照のこと）。

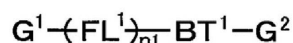
m が 2 以上である場合、2 以上の B T は同じであっても異なってもよく、好ましくは同じである。m が 2 以上である場合、2 以上の F L² は同じであっても異なってもよく、好ましくは同じである。m が 2 以上である場合、2 以上の n 2 は同じであっても異なってもよく、好ましくは同じである。n 1 が 2 以上である場合、2 以上の F L¹ は同じであっても異なってもよく、好ましくは同じである。n 2 が 2 以上である場合、2 以上の F L² は同じであっても異なってもよく、好ましくは同じである。

【0044】

いくつかの実施形態では、式 (1) の化合物は、以下の式 (1a) によって表される。

【化28】

式 (1a)



式 (1a) 中、G¹ および G² はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、F L¹ は式 (2) または式 (3) で表される連結基を表し、B T¹ は式 (4) または式 (5) で表される連結基を表し、n 1 は 1 ～ 5 の整数である。いくつかの好ましい実施形態において、G¹ および G² は同じである。

【0045】

いくつかの実施形態では、式 (1) の化合物は、以下の式 (1b) によって表される。

【化29】

式 (1b)



式 (1b) 中、G¹ および G² はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、F L¹ および F L^{2a} はそれぞれ独立して式 (2) または式 (3) で表される連結基を表し、B T^{2a} は式 (4) または式 (5) で表される連結基を表し、n 1 および n 2 a はそれぞれ独立して 1 ～ 5 の整数を表す。いくつかの実施形態において、n 1 は 1 である。いくつかの

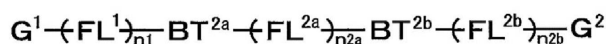
実施形態において、 n_1 は2である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は1である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は2である。いくつかの実施形態において、 n_1 および n_{2a} は1である。いくつかの実施形態において、 n_1 および n_{2a} は2である。いくつかの好ましい実施形態において、 FL^1 および FL^{2a} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 G^1 および G^2 は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、化合物は対称である。

【0046】

いくつかの実施形態では、式(1)の化合物は、以下の式(1c)によって表される。

【化30】

式(1c)



式(1c)中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} および FL^{2b} はそれぞれ独立して式(2)または式(3)で表される連結基を表し、 BT^{2a} および BT^{2b} はそれぞれ独立して式(4)または式(5)で表される連結基を表し、 n_1 および n_{2a} はそれぞれ独立して1~5の整数を表し、 n_{2b} は0~5の整数を表す。いくつかの実施形態において、 n_1 は1である。いくつかの実施形態において、 n_1 は2である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は1である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は2である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は3である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は0である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は1である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は2である。いくつかの好ましい実施形態において、 n_1 、 n_{2a} および n_{2b} は1である。いくつかの好ましい実施形態において、 n_1 および n_{2a} は1であり、 n_{2b} は0である。いくつかの好ましい実施形態において、 n_1 および n_{2b} は1であり、 n_{2a} は3である。いくつかの好ましい実施形態において、 n_1 および n_{2b} は2であり、 n_{2a} は5である。いくつかの好ましい実施形態において、 FL^1 、 FL^{2a} および FL^{2b} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 BT^{2a} および BT^{2b} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 G^1 および G^2 は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、化合物は対称である。

【0047】

いくつかの実施形態では、式(1)の化合物は、以下の式(1d)によって表される。

【化31】

式(1d)



【0048】

式(1d)中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} および FL^{2c} はそれぞれ独立して式(2)または式(3)で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} および BT^{2c} はそれぞれ独立して式(4)または式(5)で表される連結基を表し、 n_1 、 n_{2a} および n_{2b} はそれぞれ独立して1~5の整数を表し、 n_{2c} は0~5の整数を表す。いくつかの実施形態において、 n_1 は1である。いくつかの実施形態において、 n_1 は2である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は1である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は2である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は0である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は1である。いくつかの実施形態において、 n_{2c} は0である。いくつかの実施形態において、 n_{2c} は1である。いくつかの実施形態において、 n_{2c} は2である。いくつかの好ましい実施形態において、 n_1 、 n_{2a} 、 n_{2b} および n_{2c} は1である。いくつかの好ましい実施形態において、 n_1 、 n_{2a} および n_{2b} は1であり、 n_{2c} は0である。いくつかの好ましい実施形態において、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} および FL^{2c} は同じである。いくつかの好

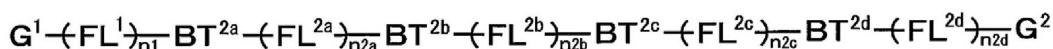
ましい実施形態において、 BT^{2a} 、 BT^{2b} および BT^{2c} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 G^1 および G^2 は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、化合物は対称である。

【0049】

いくつかの実施形態では、式(1)の化合物は、以下の式(1e)によって表される。

【化32】

式(1e)



10

式(1e)中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} 、 FL^{2c} および FL^{2d} はそれぞれ独立して式(2)または式(3)で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} および BT^{2d} はそれぞれ独立して式(4)または式(5)で表される連結基を表し、 $n1$ 、 $n2a$ 、 $n2b$ および $n2c$ はそれぞれ独立して1~5の整数を表し、 $n2d$ は0~5の整数を表す。いくつかの実施形態において、 $n1$ は1である。いくつかの実施形態において、 $n1$ は2である。いくつかの実施形態において、 $n2a$ は1である。いくつかの実施形態において、 $n2a$ は2である。いくつかの実施形態において、 $n2b$ は1である。いくつかの実施形態において、 $n2b$ は2である。いくつかの実施形態において、 $n2c$ は1である。いくつかの実施形態において、 $n2c$ は2である。いくつかの実施形態において、 $n2d$ は0である。いくつかの実施形態において、 $n2d$ は1である。いくつかの実施形態において、 $n2d$ は2である。いくつかの好ましい実施形態において、 $n1$ 、 $n2a$ 、 $n2b$ 、 $n2c$ および $n2d$ は1である。いくつかの好ましい実施形態において、 $n1$ 、 $n2a$ 、 $n2b$ および $n2c$ は1であり、 $n2d$ は0である。いくつかの好ましい実施形態において、 $n1$ 、 $n2a$ 、 $n2c$ および $n2d$ は1であり、 $n2b$ は3である。いくつかの好ましい実施形態において、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} 、 FL^{2c} および FL^{2d} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} および BT^{2d} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 G^1 および G^2 は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、化合物は対称である。

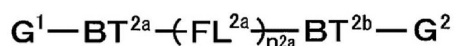
20

【0050】

いくつかの実施形態では、式(1)の化合物は、以下の式(1f)によって表される。

【化33】

式(1f)



30

式(1f)中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a} は式(2)または式(3)で表される連結基を表し、 BT^{2a} および BT^{2b} はそれぞれ独立して式(4)または式(5)で表される連結基を表し、 $n2a$ は1~5の整数である。いくつかの実施形態において、 $n2a$ は1である。いくつかの実施形態において、 $n2a$ は2である。いくつかの好ましい実施形態において、 BT^{2a} および BT^{2b} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 G^1 および G^2 は同じである。

40

【0051】

いくつかの実施形態では、式(1)の化合物は、以下の式(1g)によって表される。

【化34】

式(1g)



式(1g)中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a}

50

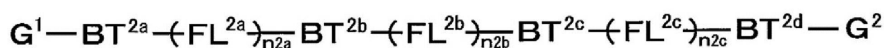
a および FL^{2b} はそれぞれ独立して式 (2) または式 (3) で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} および BT^{2c} はそれぞれ独立して式 (4) または式 (5) で表される連結基を表し、 n_{2a} および n_{2b} はそれぞれ独立して 1～5 の整数である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は 1 である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は 2 である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は 1 である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は 2 である。いくつかの好ましい実施形態において、 FL^{2a} および FL^{2b} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 BT^{2a} 、 BT^{2b} および BT^{2c} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 G^1 および G^2 は同じである。

【0052】

いくつかの実施形態では、式 (1) の化合物は、以下の式 (1h) によって表される。

【化35】

式 (1h)



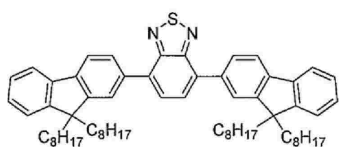
式 (1h) 中、 G^1 および G^2 はそれぞれ独立して水素原子または置換基を表し、 FL^{2a} 、 FL^{2b} および FL^{2c} はそれぞれ独立して式 (2) または式 (3) で表される連結基を表し、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} および BT^{2d} はそれぞれ独立して式 (4) または式 (5) で表される連結基を表し、 n_{2a} 、 n_{2b} および n_{2c} はそれぞれ独立して 1～5 の整数である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は 1 である。いくつかの実施形態において、 n_{2a} は 2 である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は 1 である。いくつかの実施形態において、 n_{2b} は 2 である。いくつかの実施形態において、 n_{2c} は 1 である。いくつかの実施形態において、 n_{2c} は 2 である。いくつかの好ましい実施形態において、 FL^{2a} 、 FL^{2b} および FL^{2c} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} および BT^{2d} は同じである。いくつかの好ましい実施形態において、 G^1 および G^2 は同じである。式 (1a)～(1h) 中の G^1 、 G^2 、 BT^1 、 BT^{2a} 、 BT^{2b} 、 BT^{2c} 、 BT^{2d} 、 FL^1 、 FL^{2a} 、 FL^{2b} 、 FL^{2c} 、 FL^{2d} 、 n_1 、 n_{2a} 、 n_{2b} 、 n_{2c} および n_{2d} については、式 (1)～(5) 中の対応する説明を参照することができる。

【0053】

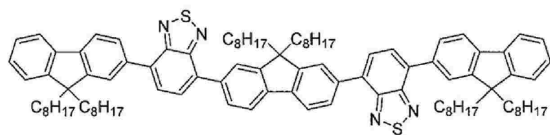
式 (1) で表される化合物の具体例を以下に示す。ただし、本発明に用いることができる式 (1) で表される化合物は、これらの具体例に限定されるものではない。

【化 3 6 - 1】

化合物 1

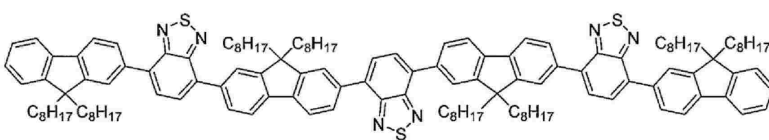


化合物 2

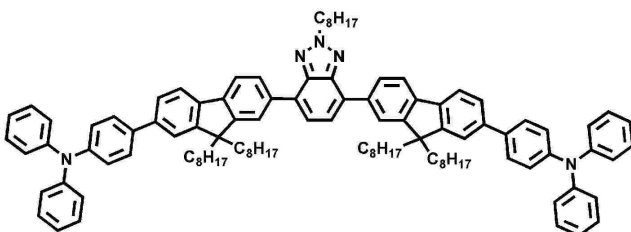


10

化合物 3

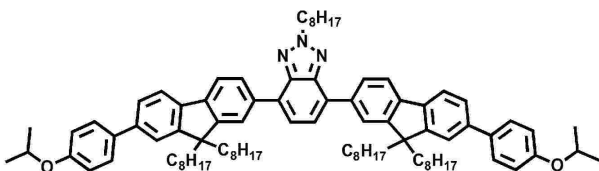


化合物 4



20

化合物 5



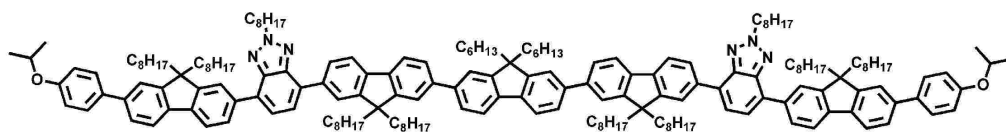
30

40

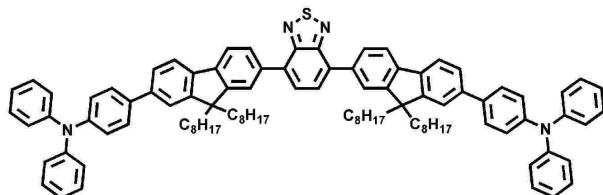
50

【化 3 6 - 2】

化合物 6

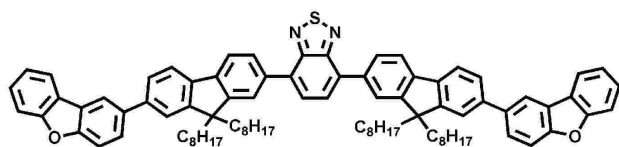


化合物 7

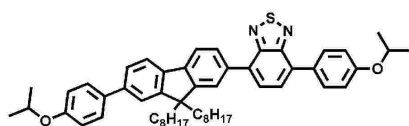


10

化合物 8



化合物 9



20

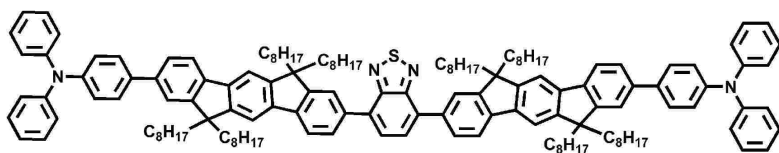
30

40

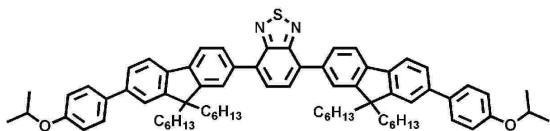
50

【化 3 6 - 3】

化合物 1 0

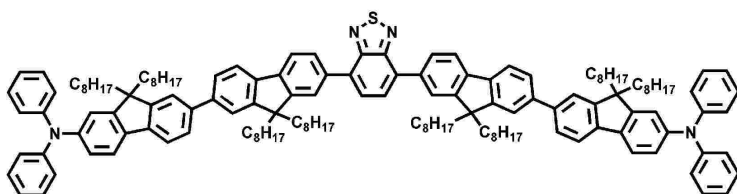


化合物 1 1

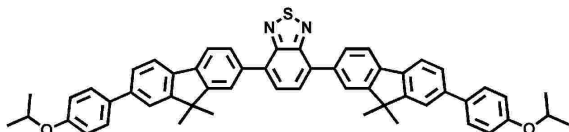


10

化合物 1 2

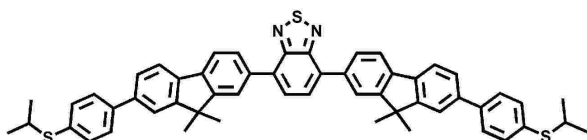


化合物 1 3



20

化合物 1 4



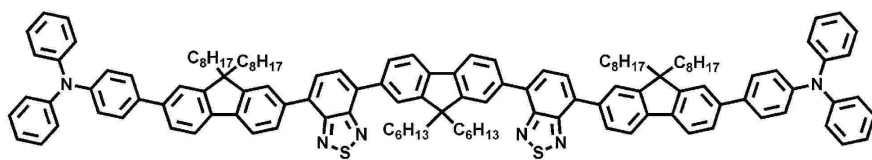
30

40

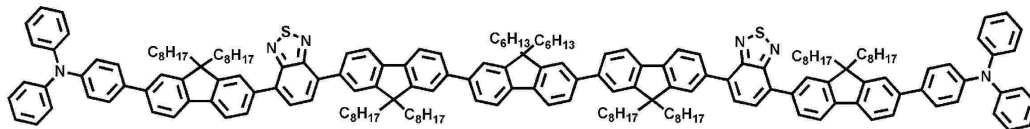
50

【化 3 6 - 4】

化合物 1 5

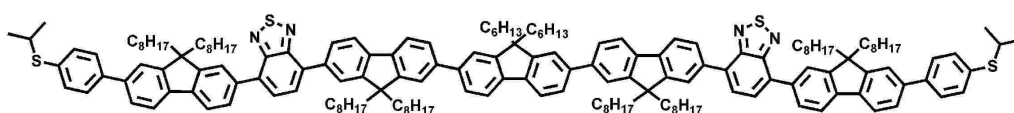


化合物 1 6

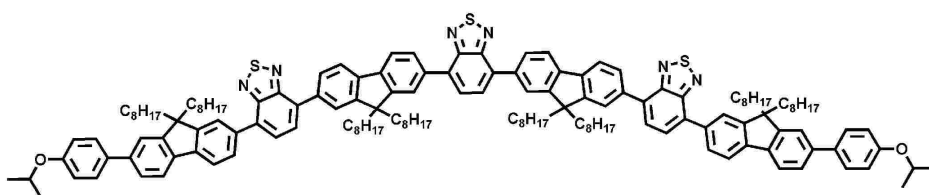


10

化合物 1 7



化合物 1 8



20

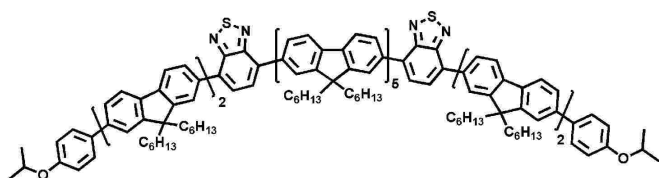
30

40

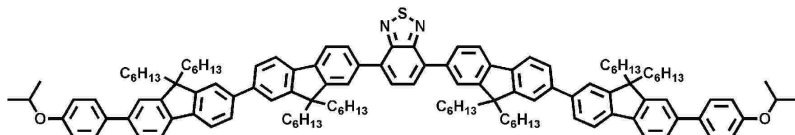
50

【化 3 6 - 5】

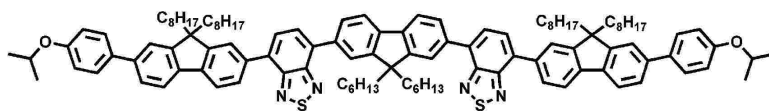
化合物 1 9



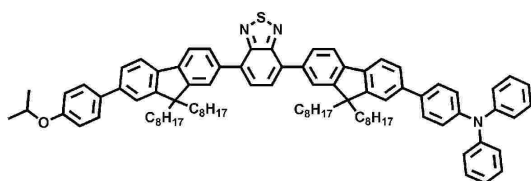
化合物 2 0



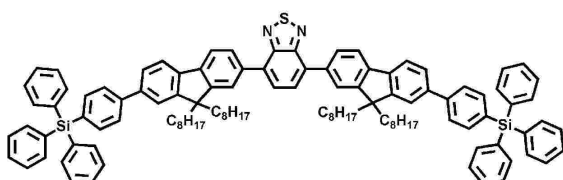
化合物 2 1



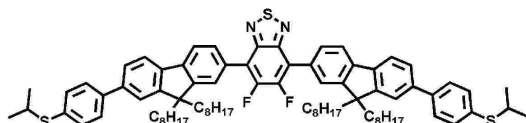
化合物 2 2



化合物 2 3



化合物 2 4



10

20

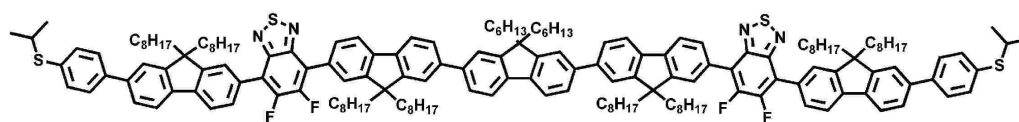
30

40

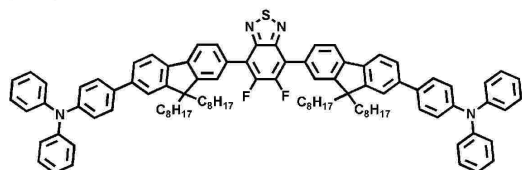
50

【化 3 6 - 6】

化合物 2 5

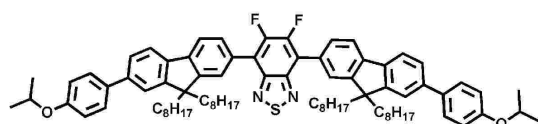


化合物 2 6



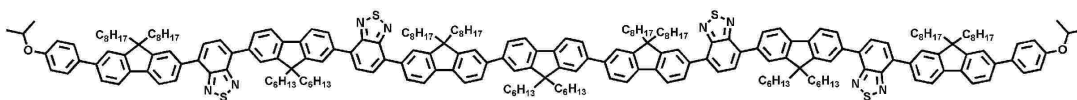
10

化合物 2 7



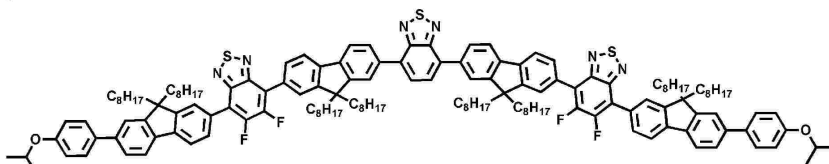
【化 3 6 - 7】

化合物 2 8

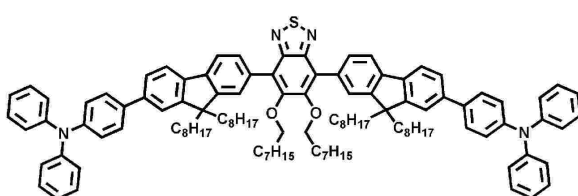


20

化合物 2 9



化合物 3 0



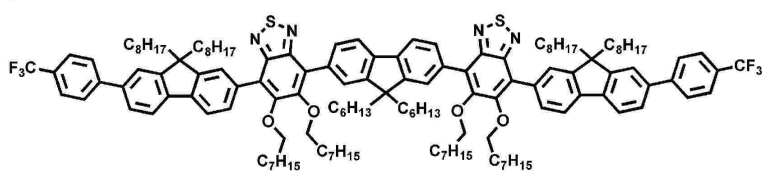
30

40

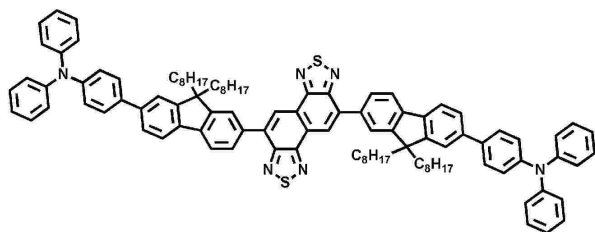
50

【化 3 6 - 8】

化合物 3 1

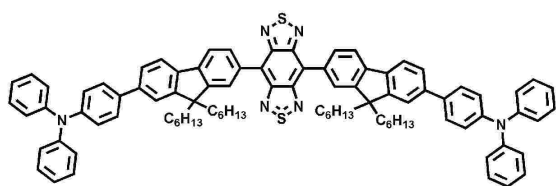


化合物 3 2



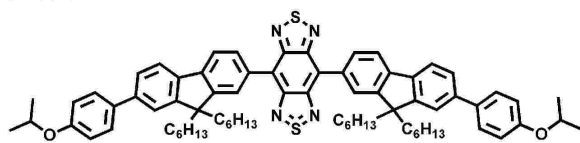
10

化合物 3 3

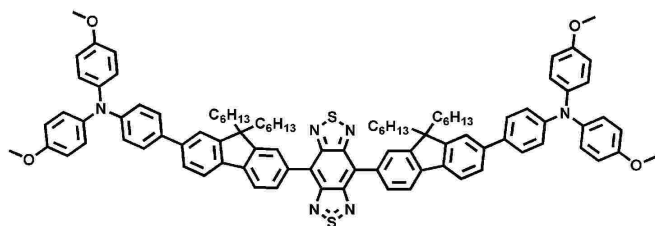


20

化合物 3 4



化合物 3 5



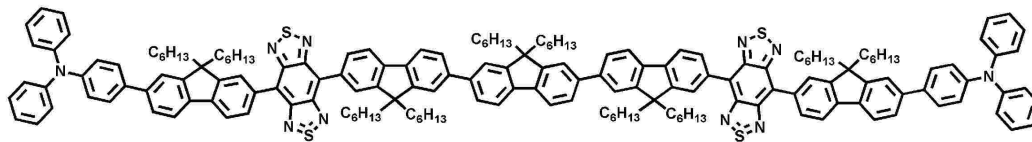
30

40

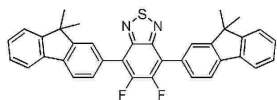
50

【化 3 6 - 9】

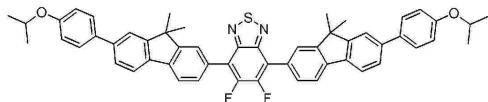
化合物 3 6



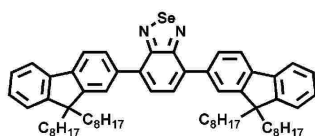
化合物 3 7



化合物 3 8



化合物 3 9



10

20

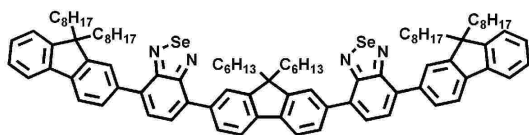
30

40

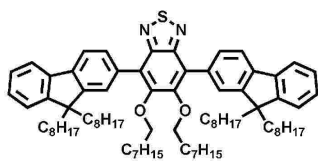
50

【化 3 6 - 1 0】

化合物 4 0

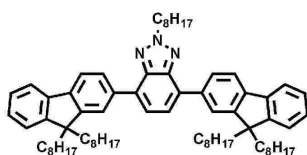


化合物 4 1

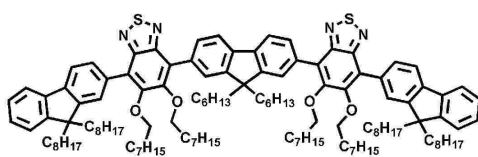


10

化合物 4 2

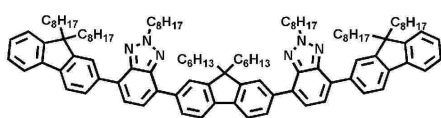


化合物 4 3

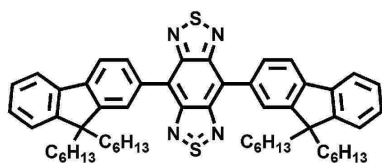


20

化合物 4 4



化合物 4 5



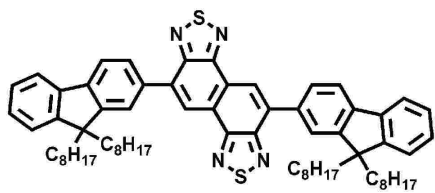
30

40

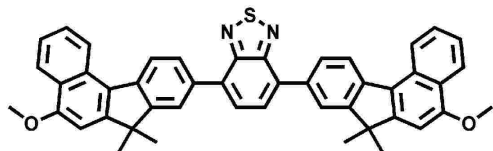
50

【化 3 6 - 1 1】

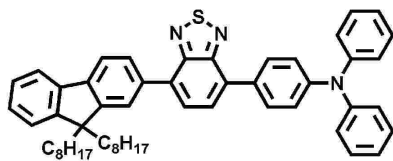
化合物 4 6



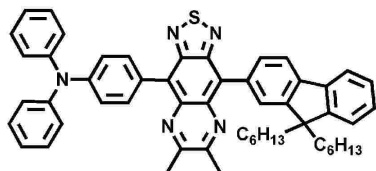
化合物 4 7



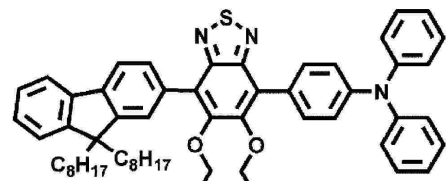
化合物 4 8



化合物 4 9



化合物 5 0



10

20

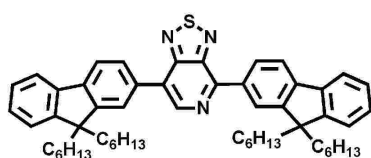
30

40

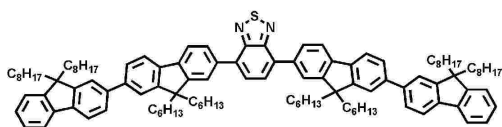
50

【化 3 6 - 1 2】

化合物 5 1

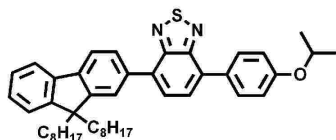


化合物 5 2

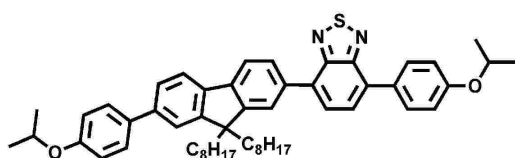


10

化合物 5 3

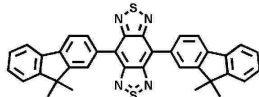


化合物 5 4

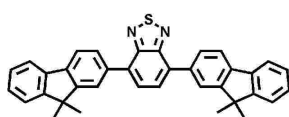


20

化合物 5 5



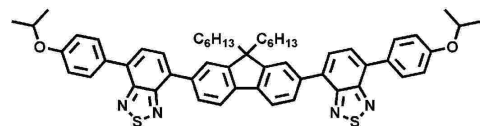
化合物 5 6



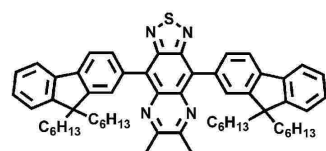
30

【化 3 6 - 1 3】

化合物 5 7

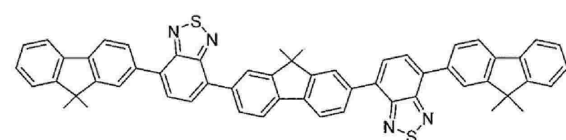


化合物 5 8



40

化合物 5 9



【0 0 5 4】

50

式（１）で表される化合物の分子量は、例えば、式（１）で表される化合物を含む有機層を蒸着法により成膜しようとする場合には、１，５００以下であることが好ましく、１，２００以下であることがより好ましく、１，０００以下であることがさらに好ましく、８００以下であることがなおさらに好ましい。分子量の下限は、式（１）で表される最も小さい化合物の分子量である。

式（１）で表される化合物は、その分子量に関わらずコーティング法により成膜することができる。分子量が比較的大きい化合物は、コーティング法により成膜することができる。

【００５５】

本発明の用途として、式（１）で表される構造を分子内に複数含む化合物をレージング材料として用いてもよい。

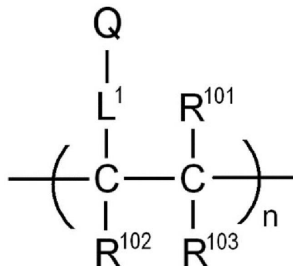
例えば、式（１）で表される構造に予め重合性基を導入しておき、その重合性基を重合して得られたポリマーを発光材料として用いることが考えられる。具体的には、式（１）中の G^1 、 FL^1 、 BT 、 FL^2 および G^2 のいずれかに重合性官能基を有するモノマーを調製し、これを単独重合または他のモノマーと共重合させて繰り返し単位を含むポリマーを調製し、このポリマーをレージング材料として用いることが考えられる。あるいは、式（１）で表される構造を含む化合物を反応させて二量体や三量体を形成し、この二量体や三量体が発光材料として用いることも考えられる。

【００５６】

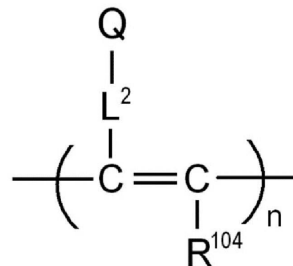
式（１）で表される構造を含む繰り返し単位を有するポリマーとしては、例えば、以下の式（３１）または式（３２）で表される構造を含むポリマーが挙げられる。

【化３７】

式（３１）



式（３２）



式（３１）および式（３２）において、 Q は式（１）で表される構造を含む基を表し、 L^1 および L^2 はそれぞれ連結基を表す。連結基は、好ましくは０～２０個の炭素原子、より好ましくは１～１５個の炭素原子、さらに好ましくは２～１０個の炭素原子を有する。連結基としては、 $-X^{11}-L^{11}-$ で表される構造が好ましく、ここで X^{11} は酸素原子または硫黄原子を表し、好ましくは酸素原子であり、 L^{11} は連結基を表し、好ましくは置換もしくは無置換のアルキレン基または置換もしくは無置換のアリーレン基であり、より好ましくは炭素数１～１０の置換もしくは無置換のアルキレン基または置換もしくは無置換のフェニレン基である。

式（３１）および式（３２）において、 R^{101} 、 R^{102} 、 R^{103} および R^{104} は、それぞれ独立して置換基を表し、好ましくは炭素数１～６の置換もしくは無置換のアルキル基、炭素数１～６の置換もしくは無置換のアルコキシ基、またはハロゲン原子であり、より好ましくは炭素数１～３の無置換のアルキル基、炭素数１～３の無置換のアルコキシ基、フッ素原子、または塩素原子であり、さらに好ましくは炭素数１～３の無置換のアルキル基または炭素数１～３の無置換のアルコキシ基である。

【００５７】

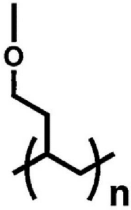
L^1 および L^2 で表される連結基は、 Q を構成する一般式（１）の構造の G^1 、 FL^1 、 BT 、 FL^2 および G^2 のいずれに結合していてもよい。 Q で表される１つの基に２つ以上の連結基が結合して架橋構造や網目構造を形成していてもよい。

【0058】

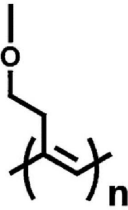
繰り返し単位の構造の具体例としては、以下の式(33)～式(36)で表される構造が挙げられる。

【化38】

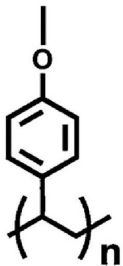
式(33)



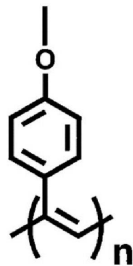
式(34)



式(35)



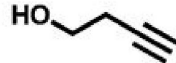
式(36)



【0059】

式(33)～(36)のいずれかで表される構造を含む繰り返し単位を有するポリマーは、式(1)の G^1 、 FL^1 、 BT 、 FL^2 および G^2 のいずれかに水酸基を導入し、この水酸基をリンカーとして以下の化合物と反応させて重合性基を導入し、続いて重合性基を重合させることにより合成することができる。

【化39】



【0060】

式(1)で表される構造を分子内に含むポリマーは、式(1)で表される構造を有する繰り返し単位のみを含むポリマーであってもよいし、別の構造を有する繰り返し単位をさらに含むポリマーであってもよい。ポリマーに含まれる式(1)で表される構造を有する繰り返し単位は、1種のみであってもよく、2種以上であってもよい。式(1)で表される構造を有さない繰り返し単位としては、例えば、通常の共重合に用いられるモノマーに由来する繰り返し単位が挙げられる。このような繰り返し単位としては、例えば、エチレン、スチレン等のエチレン性不飽和結合を有するモノマーに由来する繰り返し単位が挙げられる。

【0061】

【式(1)で表される化合物の合成】

式(1)で表される化合物は、公知の反応により合成することができる。例えば、実施例に示す反応スキーム1～4により合成することができる。反応条件は適宜決定すること

ができる。反応の詳細については、以下の合成例 1 ～ 3 を参照することができる

【0062】

〔有機固体レーザ〕

本発明はまた、式（1）で表される化合物を含有する有機固体レーザを提供する。「有機固体レーザ」という用語は、電気駆動有機半導体レーザダイオード（OSLD）装置および光励起固体レーザ装置を含む。式（1）の化合物は、有機固体レーザの発光層（光増幅層）に用いられる材料として有用である。発光層は、式（1）の化合物を2種以上含有してもよいが、好ましくは式（1）の化合物を1種のみ含有する。発光層はホスト材料を含むことができる。好ましいホスト材料は、有機固体レーザのための光励起光を吸収する。別の好ましいホスト材料は、ホスト材料から式（1）の化合物への効果的なフェルスター型エネルギー移動が起こり得るように、その蛍光スペクトルと発光層に含有される式（1）の化合物の吸収スペクトルとの間に十分なスペクトル重複を有する。発光層中の式（1）の化合物の濃度は、好ましくは0.1重量%以上、より好ましくは1重量%以上、さらに好ましくは3重量%以上であり、好ましくは50重量%以下、より好ましくは30重量%以下、さらに好ましくは10重量%以下である。

【0063】

本発明の有機固体レーザは、光共振器構造を有する。光共振器構造は、1次元共振器構造であってもよいし、2次元共振器構造であってもよい。後者の例としては、サーキュレータ型共振器構造やウィスパリングギャラリ型光共振器構造が挙げられる。また、分布帰還型（DFB）構造や分布ブラッグ反射器（DBR）構造であってもよい。好ましい実施形態では、2次DFBが使用される。DFBの場合、混合次数のDFB格子構造を使用することができる。すなわち、レーザ発振波長に対して次数が異なるDFB格子構造の混合構造を用いることができる。具体例としては、1次ブラッグ散乱領域に隣接する2次ブラッグ散乱領域からなる光共振器構造や、2次ブラッグ散乱領域と1次散乱領域とが交互に形成された混合構造などが挙げられる。好ましい光共振器構造の詳細については、以下の具体例を参照することができる。光共振器構造として、有機固体レーザはさらに外部光共振器構造を備えていてもよい。例えば、光共振器構造は、好ましくはガラス基板上に形成され得る。光共振器構造を構成する材料としては、SiO₂等の絶縁材料が挙げられる。例えば格子構造が形成され、格子の深さは75nm以下であることが好ましく、より好ましくは10～75nmの範囲から選択される。深さは、例えば40nm以上であってもよいし、40nm未満であってもよい。式（1）の化合物を含む発光層（光増幅層）は、光共振器構造上に直接形成することができる。

【0064】

有機固体レーザは、レージング閾値を低下させ、強い光ポンピング下での熱放散を最適化するために、サファイアまたは他の材料によって封入されることが好ましい。サファイア蓋と発光層との間に中間層を形成してもよい。例えば、CYTOP（商標）などの非晶質フッ素化ポリマーを中間層に用いることが好ましい。

格子は、少なくとも1つの有機層が励起子密度の分布と共振光学モードの電界強度分布との間に十分な重なりを有するように、および／または励起子が効率的に励起され得るように配置され得る。

式（1）で表される化合物は、TADF特性を示すことができ、その結果、TADF有機固体レーザが可能である。

【0065】

本発明の他の利点および特徴は、例示目的のために与えられる以下の実施例および添付の図面に関してより良く理解され得る。

【実施例】

【0066】

以下、合成例および実施例を挙げて本発明をさらに具体的に説明する。以下に示す材料、工程、手順等は、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す具体例に限定して解釈されるものではない。

【0067】

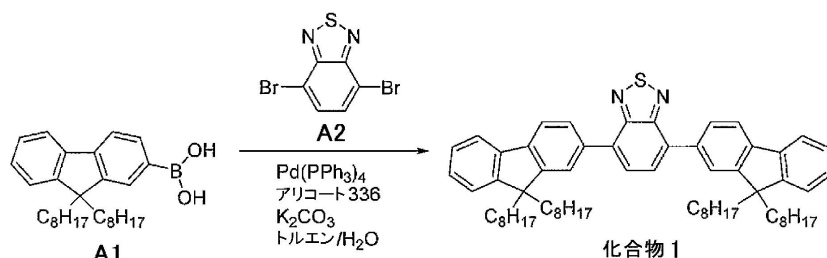
発光特性は、高性能UV/VIS/NIR分光光度計（パーキンエルマー社製、Lambda 950）、蛍光分光光度計（堀場製作所社製、FluoroMax-4）、絶対PL量子収率測定装置（浜松ホトニクス社製、C11347）、ソースメーター（Keithley Instruments社製、2400 Series）、半導体パラメータアナライザ（アジレント・テクノロジー社製、E5273A）、光パワーメーター（Newport社製、1930C）、分光光計（Ocean Optics社製、USB2000）、分光放射計（株式会社トプコン社製、SR-3）、およびストリークカメラ（浜松ホトニクス社製、C4334型）を用いて評価した。

【0068】

[合成]

(合成例1) 化合物1の合成

【化40】



化合物A1（2.4当量）、化合物A2（1当量）、Pd(PPh₃)₄（0.03当量）、アリコート336（0.05当量）、K₂CO₃水溶液（8当量、1M）、およびトルエン（3倍量）を丸底フラスコに入れた。反応混合物を窒素下110℃で24時間攪拌した。室温に冷却した後、混合物をトルエンで抽出し、Na₂SO₄で乾燥させ、溶媒を除去した。粗生成物を、ヘキサン／DCM（3：1）混合物を使用するシリカゲルでのカラムクロマトグラフィーによって精製して、化合物1を黄色固体（99%）として得た。

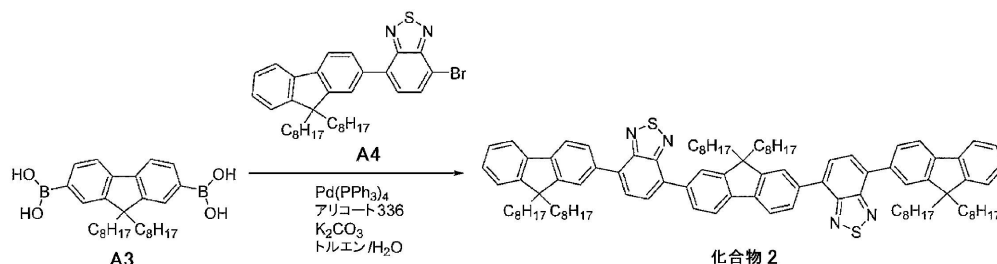
化合物1

Mp 78-85 °C. ¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz, ppm) δ : 8.03 (d, 2H, J = 7.8 Hz); 7.95 (s, 2H); 7.89 (s, 2H); 7.88 (d, 2H); 7.78 (d, 2H, J = 7.2 Hz); 7.40-7.33 (m, 6H); 2.10-1.98 (m, 8H); 1.22-1.16 (m, 8H); 1.15-1.09 (m, 32H); 0.80 (t, 12H, J = 7.3 Hz); 0.78-0.73 (m, 8H). ¹³C NMR (CDCl₃, 125 MHz, ppm) δ : 154.51, 151.47, 151.26, 141.48, 140.81, 136.33, 133.75, 128.28, 128.04, 127.40, 126.99, 124.05, 123.11, 120.09, 119.84, 55.37, 40.44, 31.96, 30.23, 29.39, 29.37, 24.04, 22.75, 14.21. Anal. Calcd. For C₆₄H₈₄N₂S: C, 84.15; H, 9.27; N, 3.07; S, 3.51. Found: C, 84.15; H, 9.26; N, 3.00.

【0069】

(合成例2) 化合物2の合成

【化41】



化合物A3（0.302 g、0.63 mmol）、化合物A4（0.787 g、1.30 mmol）、Pd(PPh₃)₄（0.022 g、0.019 mmol）、アリコート

336 (0.053 g、0.13 mmol)、 K_2CO_3 (0.72 g、5.20 mmol)、 H_2O (5 mL)、およびトルエン (15 mL) を丸底フラスコに入れた。反応混合物を窒素下 $110^\circ C$ で 24 時間攪拌した。室温に冷却した後、混合物をトルエンで抽出し、 Na_2SO_4 で乾燥させ、溶媒を除去した。粗生成物を、ヘキサン/DCM (3:1) 混合物を溶離液 ($R_f = 0.20$) として使用するシリカゲルでのカラムクロマトグラフィーによって精製して、化合物 2 を黄色固体 (0.83 g、92%) として得た。

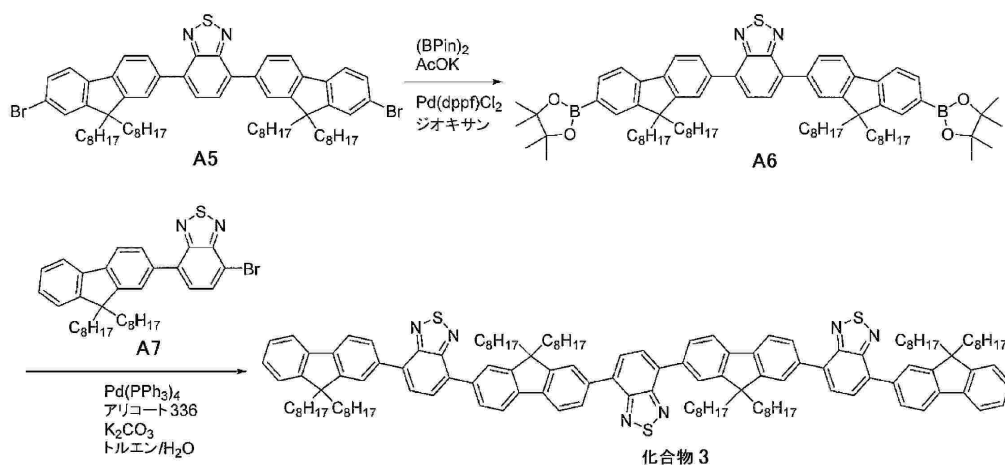
化合物 2

Mp $108-113^\circ C$. ^1H -NMR ($CDCl_3$, 500 MHz, ppm) δ : 8.08 (d, 2H, $J = 7.8$ Hz); 8.05 (d, 2H, $J = 7.9$ Hz); 8.01 (s, 2H); 7.97 (s, 2H); 7.96 (d, 2H, $J = 7.9$ Hz); 7.93-7.88 (m, 6H); 7.79 (d, 2H, $J = 7.1$ Hz); 7.41-7.33 (m, 6H); 2.15-1.99 (m, 12H); 1.22-1.10 (m, 60H); 0.97-0.92 (m, 4H); 0.82-0.75 (m, 26H). ^{13}C NMR ($CDCl_3$, 125 MHz, ppm) δ : 154.49, 154.47, 151.87, 151.43, 151.23, 141.47, 140.97, 140.76, 136.59, 136.27, 133.80, 133.64, 128.41, 128.25, 128.07, 128.01, 127.37, 126.95, 124.12, 124.01, 123.08, 120.14, 120.06, 119.81, 55.54, 55.34, 40.40, 40.33, 31.95, 31.92, 30.23, 30.19, 29.38, 29.35, 29.34, 24.17, 24.01, 22.71, 14.18. Anal. Calcd. For $C_{99}H_{126}N_4S_2$: C, 82.79; H, 8.84; N, 3.90; S, 4.46. Found: C, 82.80; H, 8.80; N, 3.89.

【0070】

【合成例 3】化合物 3 の合成

【化 4 2】



乾燥 1, 4-ジオキサン (60 mL) 中の化合物 A5 (2.08 g、1.94 mmol)、カリウムアセテート (0.60 g、6.10 mmol)、ビス(ピナコラト)ニホウ素 (1.89 g、7.45 mmol) および $Pd(dppf)Cl_2 \cdot DCM$ (0.158 g、0.19 mmol) の混合物を $90^\circ C$ に加熱し、 Ar 下で 24 時間攪拌した。溶媒を真空下で除去した。残留物を、ヘキサン/DCM (1:1) 混合物 ($R_f = 0.37$) を溶離液として使用するシリカゲルでのカラムクロマトグラフィーによって精製して、化合物 A6 を黄色固体 (1.80 g、80%) として得た。

^1H -NMR ($CDCl_3$, 500 MHz, ppm) δ : 8.04 (d, 2H, $J = 7.9$ Hz); 7.95 (s, 2H); 7.90 (d, 2H, $J = 7.9$ Hz); 7.89 (s, 2H); 7.85 (d, 2H, $J = 7.5$ Hz); 7.80 (s, 2H); 7.78 (d, 2H, $J = 7.5$ Hz); 2.08-2.04 (m, 8H); 1.41 (s, 24H); 1.21-1.16 (m, 8H); 1.14-1.07 (m, 32H); 0.80 (t, 12H, $J = 7.2$ Hz); 0.78-0.72 (m, 8H). ^{13}C NMR ($CDCl_3$, 125 MHz, ppm) δ : 154.49, 151.88, 150.66, 143.79, 141.29, 136.81, 133.98, 133.78, 129.09, 128.28, 128.08, 124.13, 120.30, 119.41, 83.89, 55.45, 40.30, 31.96, 30.18, 29.39, 29.35, 25.11, 23.99, 22.75, 14.22. Anal. Calcd. For $C_{76}H_{106}B_2N_2O_4S$: C, 78.33; H, 9.17; B, 1.86; N, 2.40; O, 5.49; S, 2.75. Found: C, 78.40; H, 9.18; N, 2.42.

【0071】

化合物A6 (0.593 g、0.51 mmol)、化合物A7 (0.779 g、1.29 mmol)、Pd(PPh₃)₄ (0.042 g、0.036 mmol)、アリコート336 (0.046 g、0.11 mmol)、K₂CO₃ (0.319 g、2.31 mmol)、H₂O (10 mL)、およびトルエン (30 mL) を丸底フラスコに入れた。反応混合物を窒素下110°Cで24時間攪拌した。室温に冷却した後、混合物をトルエンで抽出し、Na₂SO₄で乾燥させ、溶媒を除去した。粗生成物を、ヘキサン／DCM (2:1) 混合物を溶離液 (R_f = 0.23) として使用するシリカゲルでのカラムクロマトグラフィーによって精製して、化合物3を黄色固体 (0.98 g、98%) として得た。

化合物3

Mp 138-141 °C. ¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz, ppm) δ : 8.10-8.08 (m, 4H); 8.05 (d, 2H, J = 7.8 Hz); 8.03 (s, 2H); 8.02 (s, 2H); 8.00-7.88 (m, 14H); 7.79 (d, 2H, J = 7.1 Hz); 7.41-7.33 (m, 6H); 2.16-2.13 (m, 8H); 2.10-1.99 (m, 8H); 1.21-1.10 (m, 80H); 0.97-0.93 (m, 8H); 0.82-0.75 (m, 32H). ¹³C NMR (CDCl₃, 125 MHz, ppm) δ : 154.53, 151.93, 151.48, 151.28, 141.52, 141.05, 141.02, 140.81, 136.65, 136.62, 136.31, 133.85, 133.78, 133.68, 128.47, 128.30, 128.12, 128.05, 127.43, 127.00, 124.18, 124.06, 123.12, 120.20, 120.11, 119.86, 55.60, 55.38, 40.45, 40.38, 32.00, 31.97, 30.28, 30.24, 29.44, 29.40, 29.38, 24.22, 24.05, 22.77, 22.76, 14.22. Anal. Calcd. For C₁₃₄H₁₆₈N₆S₃: C, 82.16; H, 8.64; N, 4.29; S, 4.91. Found: C, 82.08; H, 8.63; N, 4.25.

【0072】

(合成例4～36) 化合物4～36の合成

同様にして、化合物4～36を以下のスキームにより合成した。

10

20

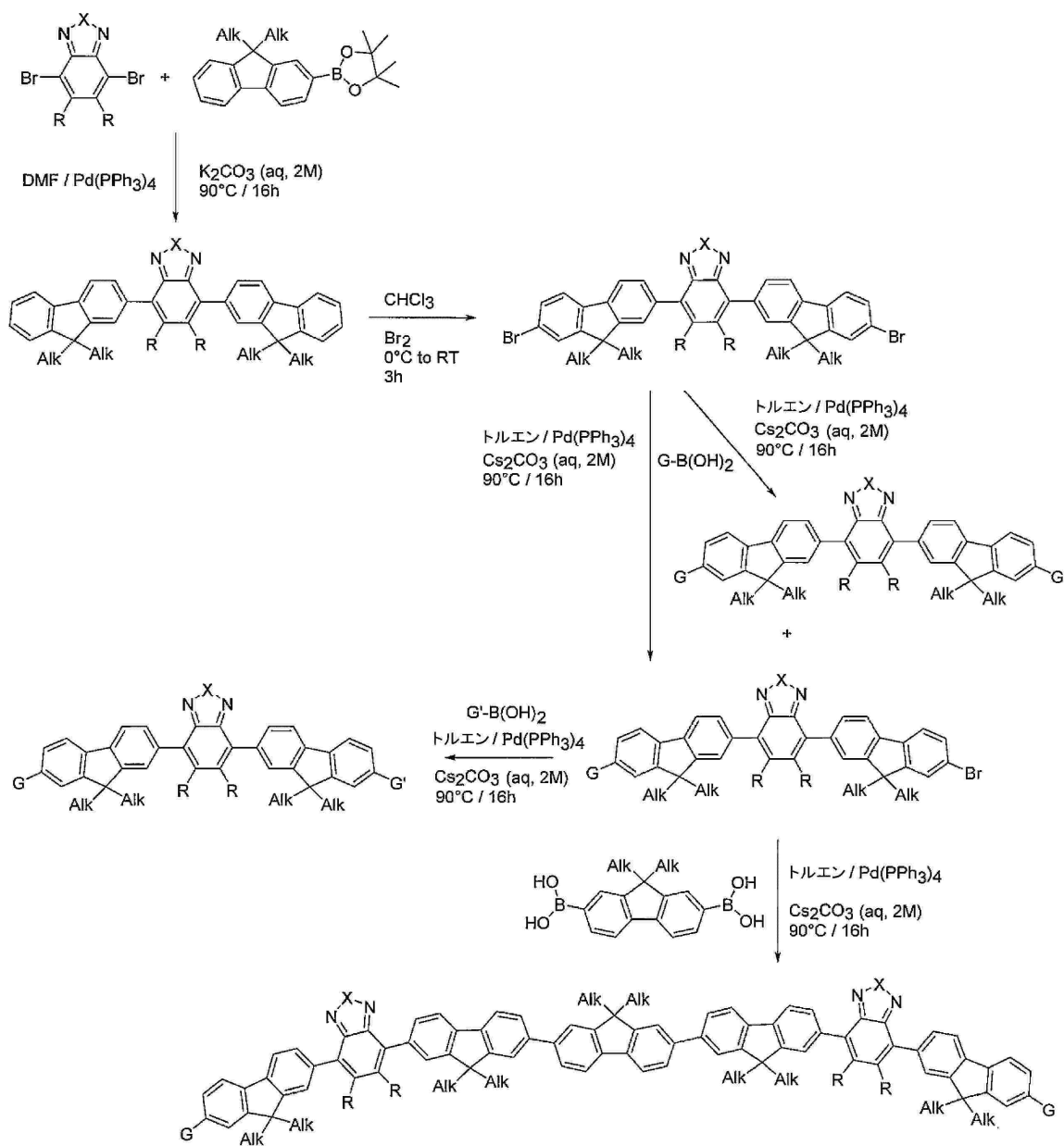
30

40

50

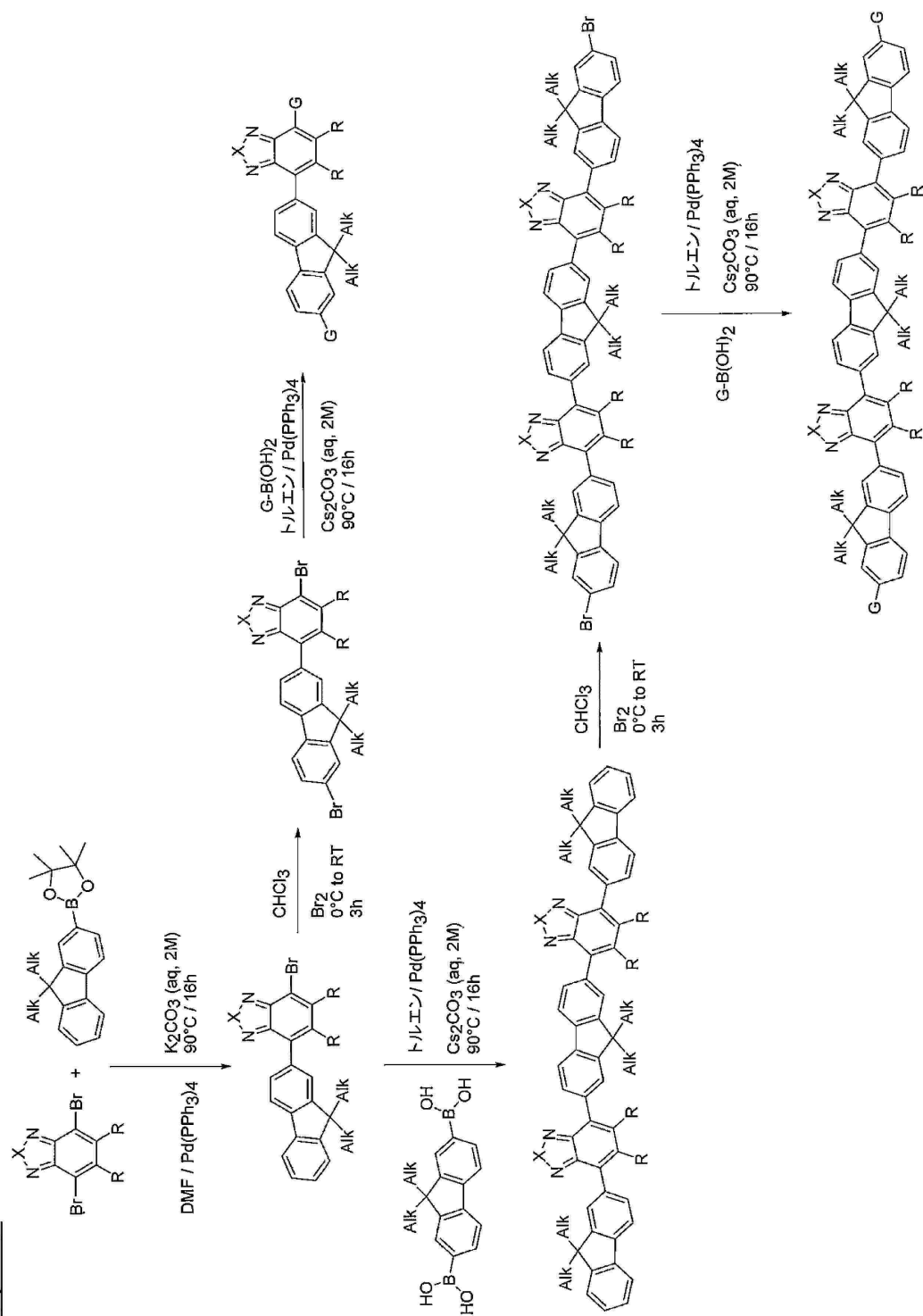
【化 4 3 - 1】

スキーム1



【化 4 3 - 2】

スキーム 2



10

20

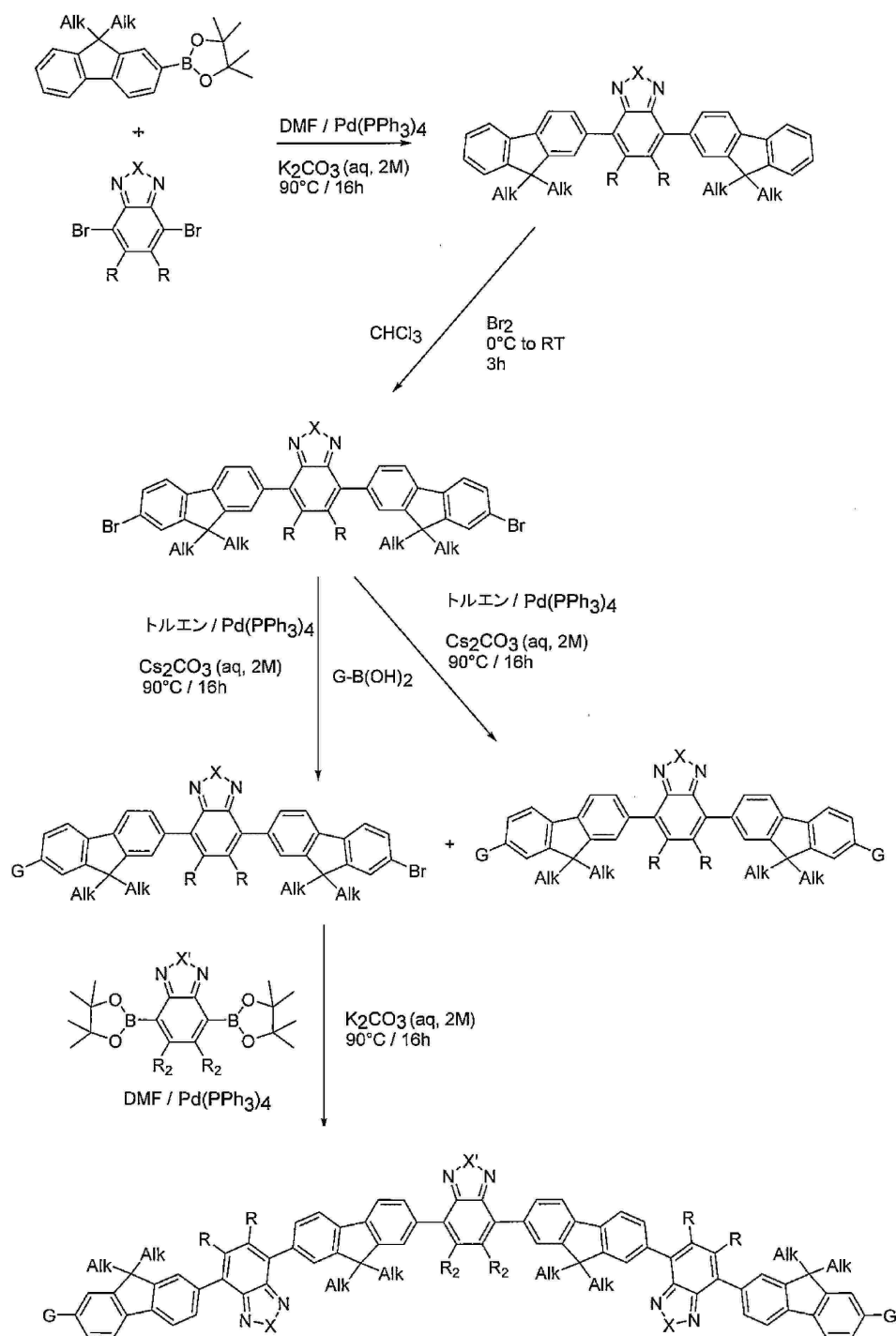
30

40

50

【化 4 3 - 3】

スキーム3



10

20

30

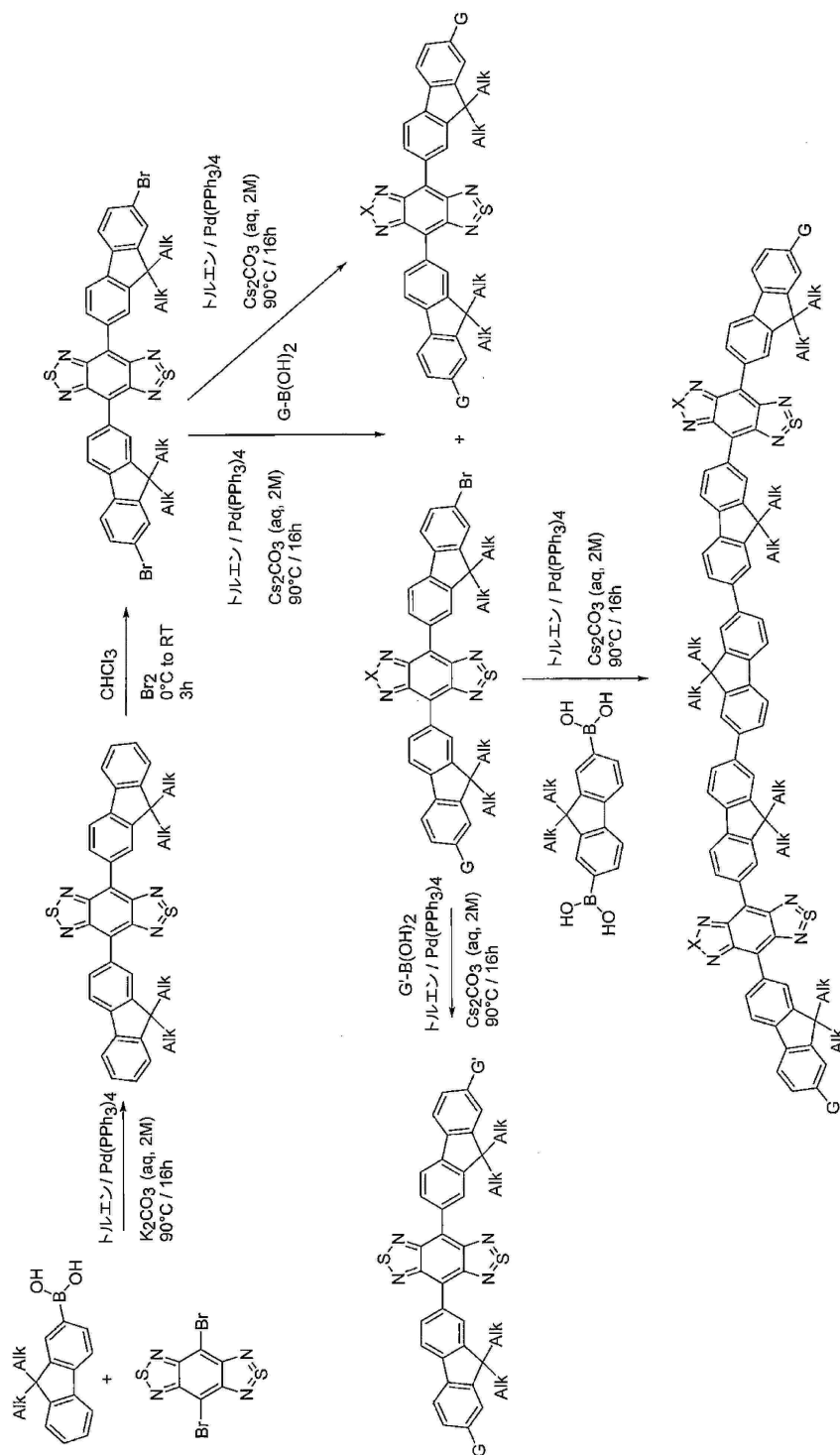
40

50

【化 4 3 - 4】

スキーム 4

【0073】



10

20

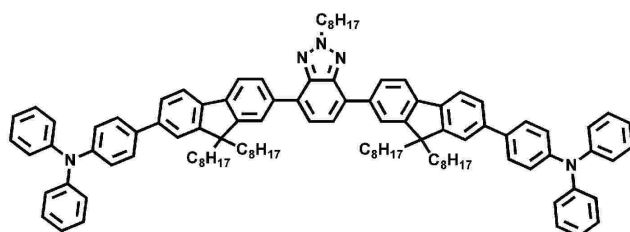
30

40

50

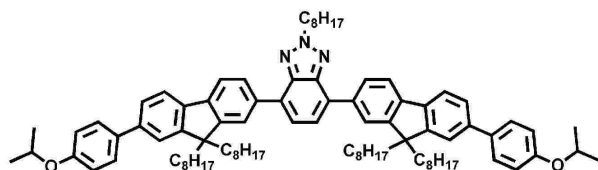
【化 4 4 - 1】

化合物 4



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 7.93-7.87 (m, 4H), 7.79-7.70 (m, 4H), 7.68-7.64 (m, 8H), 7.37-7.31 (m, 8H), 7.23-7.17 (m, 12H), 7.12-7.08 (m, 4H), 3.93 (t, J = 6.7Hz, 4H), 2.15-2.10 (m, 8H), 1.66-1.61 (m, 4H), 1.24-1.16 (m, 62H), 0.90-0.82 (m, 26H); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 153.71, 153.05, 152.59, 151.07, 148.30, 147.72, 141.03, 140.40, 140.16, 136.14, 133.32, 130.37, 129.85, 128.32, 126.27, 126.03, 125.33, 124.94, 124.53, 123.53, 121.63, 120.67, 119.62, 75.05, 55.84, 40.87, 32.42, 30.85, 30.71, 30.00, 29.92, 29.88, 26.58, 24.64, 23.25, 23.19, 14.42.

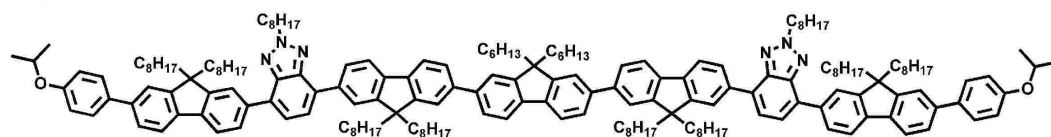
化合物 5



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.18 (dd, ^3J = 7.8Hz, ^4J = 1.2Hz, 2H), 8.10 (s, 2H), 7.89 (d, ^3J = 8.1Hz, 2H), 7.80 (m, 4H), 7.62 (m, 8H), 7.04 (d, ^3J = 8.7Hz, 4H), 4.86 (t, ^3J = 7.2Hz, 2H), 4.66 (m, 2H), 2.32-2.00 (m, 10H), 1.56-1.27 (m, 20H), 1.26-1.09 (m, 42H), 0.96-0.78 (m, 23H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 157.41, 152.00, 151.32, 143.72, 140.72, 139.83, 139.53, 136.07, 134.09, 130.56, 128.22, 127.55, 125.59, 124.35, 123.18, 121.15, 120.07, 119.79, 116.18, 70.03, 55.23, 40.45, 31.82, 30.18, 29.32, 29.26, 29.17, 26.78, 23.96, 22.68, 22.62, 22.13, 14.12, 14.08.

【化 4 4 - 2】

化合物 6



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.20-8.14 (m, 4H), 8.12-8.07 (m, 4H), 7.94-7.83 (m, 8H), 7.82-7.76 (m, 6H), 7.74-7.68 (m, 8H), 7.63 (d, ^3J = 8.7Hz, 4H), 7.59-7.54 (m, 4H), 7.01 (d, ^3J = 8.7Hz, 4H), 4.85 (t, ^3J = 6.9Hz, 4H), 4.62 (m, 2H), 2.30-2.02 (m, 24H), 1.54-1.26 (m, 28H), 1.25-1.06 (96H), 1.00-0.75 (m, 56H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 157.43, 152.17, 152.02, 151.85, 151.46, 151.34, 143.75, 140.77, 140.64, 140.57, 140.11, 140.07, 139.86, 139.54, 136.28, 136.08, 134.10, 130.65, 130.55, 128.24, 127.62, 127.58, 126.22, 125.62, 124.42, 124.38, 123.31, 123.22, 121.56, 121.16, 120.10, 120.01, 119.95, 119.82, 116.19, 70.03, 56.87, 55.39, 55.34, 55.25, 40.48, 40.44, 31.85, 31.52, 30.21, 30.13, 29.72, 29.34, 29.29, 29.20, 26.81, 24.06, 23.99, 23.89, 22.70, 22.65, 22.61, 22.14, 14.14, 14.10.

10

20

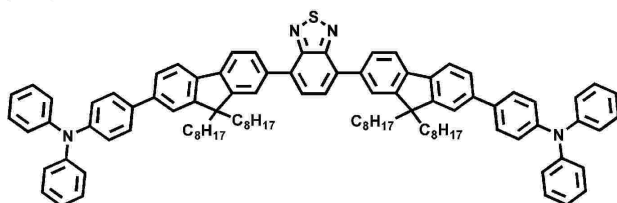
30

40

50

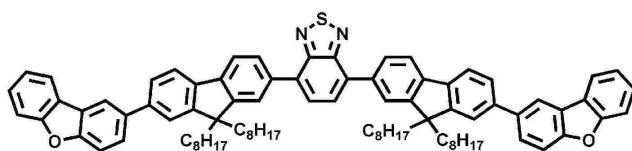
【化 4 4 - 3】

化合物 7



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.10 (dd, $J=7.9\text{Hz}$, 2H), 8.02 (s, 2H), 7.93-7.90 (m, 4H), 7.84 (d, $J=8.3\text{Hz}$, 2H), 7.64-7.61 (m, 8H), 7.34-7.29 (m, 8H), 7.24-7.18 (m, 12H), 7.10-7.05 (m, 4H), 2.16-2.09 (m, 8H), 1.23-1.14 (m, 40H), 0.90-0.80 (m, 20H).; ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 154.51, 152.16, 151.48, 147.82, 147.24, 141.22, 139.88, 139.68, 136.22, 135.71, 133.69, 129.42, 128.37, 128.01, 127.96, 125.76, 124.51, 124.15, 124.04, 123.06, 121.15, 120.37, 119.96, 55.45, 40.50, 31.94, 30.22, 29.39, 29.36, 24.07, 22.74, 14.21.

化合物 8



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.12-8.10 (dd, $J=7.8\text{ Hz}$, 2H), 8.05-7.95 (m, 16H), 7.75-7.72 (dd, $J=8.7\text{ Hz}$, 2H), 7.65-7.63 (d, $J=8.1\text{ Hz}$, 2H), 7.52-7.47 (m, 4H), 7.43-7.37 (m, 2H), 2.19-2.14 (m, 8H), 1.21-1.16 (m, 44H), 0.99-0.94 (m, 12H), 0.82-0.78 (m, 12H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 156.33, 154.53, 153.62, 151.90, 151.82, 141.17, 140.47, 136.48, 135.51, 133.75, 128.43, 128.10, 127.91, 127.33, 126.98, 126.61, 125.14, 124.43, 14.13, 123.65, 13.38, 122.93, 120.87, 120.27, 120.09, 119.85, 111.98, 55.54, 40.43, 31.96, 30.31, 29.45, 29.41, 24.19, 22.75, 14.20.

10

20

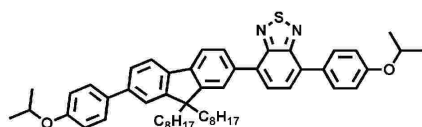
30

40

50

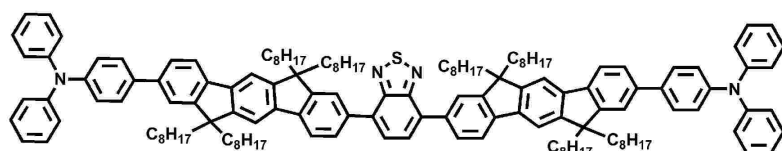
【化 4 4 - 4】

化合物 9



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.04 (dd, $^3J = 7.8\text{Hz}$, $^4J = 1.5\text{Hz}$, 1H), 8.00-7.98 (m, 3H), 7.89-7.85 (m, 2H), 7.83, 7.76 (m, 2H), 7.64 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 2H), 7.61-7.57 (m, 2H), 7.09 (d, $^3J = 9.0\text{Hz}$, 2H), 7.03 (d, $^3J = 9.0\text{Hz}$, 2H), 4.72-4.60 (m, 2H), 2.15-2.05 (m, 4H), 1.45, 1.40 (m, 12H), 1.25-1.12 (m, 20H), 0.92-0.79 (m, 10H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 158.34, 157.55, 154.44, 154.40, 152.09, 151.40, 141.16, 140.10, 139.46, 136.14, 134.10, 133.26, 132.81, 130.55, 129.83, 128.32, 128.04, 127.42, 125.74, 123.96, 121.24, 120.29, 119.77, 116.27, 115.98, 70.08, 55.42, 40.49, 31.93, 30.19, 29.36, 29.33, 24.03, 22.72, 22.26, 22.23, 14.19.

化合物 10



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 8.14-8.10 (m, 4H), 7.97-7.95 (m, 4H), 7.87-7.79 (m, 6H), 7.66-7.63 (m, 8H), 7.34-7.29 (m, 8H), 7.21-7.15 (m, 12H), 7.10-7.05 (m, 4H), 2.21-2.14 (m, 16H), 1.21-1.11 (m, 84H), 0.84-0.78 (m, 44H).; ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 155.01, 152.58, 152.10, 151.45, 151.12, 148.34, 147.69, 142.38, 141.29, 141.06, 140.75, 139.73, 136.51, 136.21, 134.00, 129.88, 128.84, 128.40, 128.28, 125.91, 124.93, 124.83, 123.53, 121.52, 120.32, 119.91, 114.92, 114.69, 55.59, 55.53, 41.28, 41.15, 32.45, 32.43, 30.64, 29.99, 29.83, 29.82, 24.56, 24.51, 23.21, 14.47.

10

20

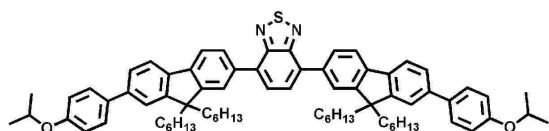
30

40

50

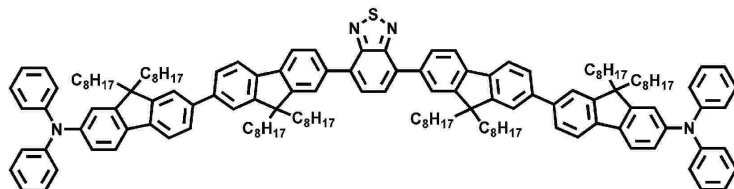
【化 4 4 - 5】

化合物 1 1



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.08 (dd, $^3J = 7.8\text{Hz}$, $^4J = 1.5\text{Hz}$, 2H), 8.32 (d, $^4J = 0.9\text{Hz}$, 2H), 7.95-7.90 (m, 2H), 7.84 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 2H), 7.64 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 7.63-7.56 (m, 4H), 7.05 (d, $^3J = 9.0\text{Hz}$, 4H), 4.66 (m, 2H), 4.21-4.03 (m, 8H), 1.44 (s, 6H), 1.42 (s, 6H), 1.20-1.12 (m, 24H), 0.91-0.77 (m, 20H);

化合物 1 2



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 8.20-8.14 (m, 4H), 8.05-7.95 (m, 6H), 7.85-7.70 (m, 12H), 7.40-7.32 (m, 8H), 7.29-7.19 (m, 10H), 7.15-7.08 (m, 6H), 2.32-1.93 (m, 16H), 1.38-1.15 (m, 80H), 1.00-0.78 (m, 40H); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 154.96, 153.07, 152.74, 152.10, 151.96, 148.64, 147.84, 141.62, 141.42, 140.88, 140.37, 140.25, 136.84, 136.58, 134.02, 129.75, 128.93, 128.48, 126.67, 126.65, 124.65, 124.39, 124.13, 123.09, 122.05, 121.90, 120.96, 120.78, 120.22, 120.09, 119.91, 56.02, 55.82, 40.84, 32.41, 32.40, 30.62, 30.59, 29.90, 29.83, 24.60, 24.55, 23.22, 23.19, 14.46, 14.42.

10

20

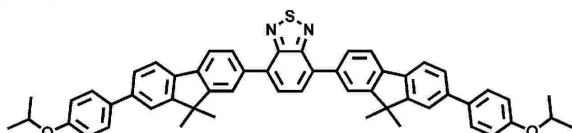
30

40

50

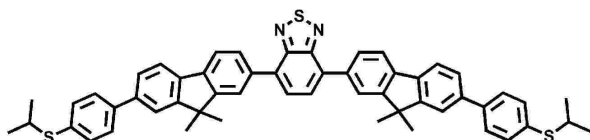
【化 4 4 - 6】

化合物 1 3



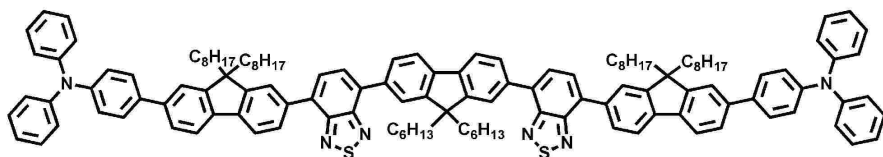
^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.10-8.02 (m, 4H), 7.96-7.90 (m, 4H), 7.86 (d, $^3J = 8.4\text{Hz}$, 2H), 7.70-7.55 (m, 8H), 7.02 (d, $^3J = 9.0\text{Hz}$, 4H), 4.65 (m, 2H), 1.67 (s, 12H), 1.43 (s, 6H), 1.41 (s, 6H);

化合物 1 4



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.08-8.01 (m, 4H), 7.95-7.89 (m, 4H), 7.86 (d, $^3J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 7.68 (d, $^4J = 1.2\text{Hz}$, 2H), 7.66-7.59 (m, 6H), 7.50 (d, $^3J = 8.4\text{Hz}$, 4H), 3.45 (m, 2H), 1.65 (s, 6H), 1.37 (s, 6H), 1.34 (s, 6H);

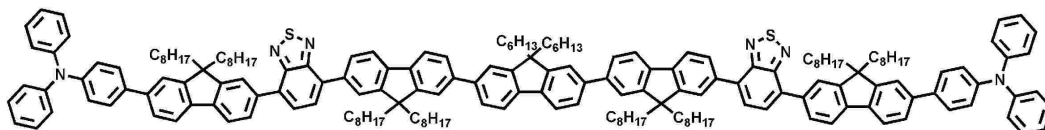
化合物 1 5



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.17-8.00 (m, 8H), 8.05-7.98 (m, 6H), 7.94 (d, $^3J = 8.4\text{Hz}$, 2H), 7.89 (d, $^3J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 7.70-7.62 (m, 8H), 7.38-7.30 (m, 8H), 7.25-7.16 (m, 12H), 7.15-7.07 (m, 4H), 2.22-2.15 (m, 12H), 1.23-1.15 (m, 52H), 0.96-0.80 (m, 30H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 154.95, 152.70, 152.30, 151.92, 148.29, 147.77, 141.64, 141.40, 140.35, 140.15, 137.17, 136.77, 136.04, 134.08, 133.94, 129.87, 128.98, 128.93, 128.54, 128.47, 128.33, 126.09, 124.96, 124.75, 124.62, 124.51, 123.55, 121.66, 120.83, 120.52, 120.19, 56.05, 55.96, 40.85, 40.77, 32.40, 32.18, 32.14, 30.62, 30.36, 29.82, 24.56, 23.24, 23.19, 14.48, 14.42.

【化 4 4 - 7】

化合物 1 6



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 8.11-8.06 (m, 8H), 7.95-7.84 (m, 14H), 7.75 (m, 8H), 7.65-7.61 (m, 8H), 7.30 (m, 8H), 7.15 (m, 12H), 7.07 (m, 4H), 2.16 (m, 20H), 1.16 (m, 92H), 0.82 (m, 50H); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 154.38, 152.20, 152.13, 151.88, 151.42, 151.35, 147.72, 147.21, 141.06, 141.01, 140.81, 140.50, 140.14, 139.93, 139.77, 139.58, 136.32, 136.21, 135.47, 133.45, 133.41, 129.30, 128.36, 127.92, 127.76, 126.19, 125.52, 124.39, 124.10, 124.03, 123.94, 122.99, 121.59, 121.09, 120.25, 120.01, 119.70, 119.60, 55.46, 55.38, 40.39, 40.29, 31.83, 31.53, 30.05, 29.68, 29.25, 24.04, 23.99, 22.62, 22.59, 13.86, 13.83.

10

20

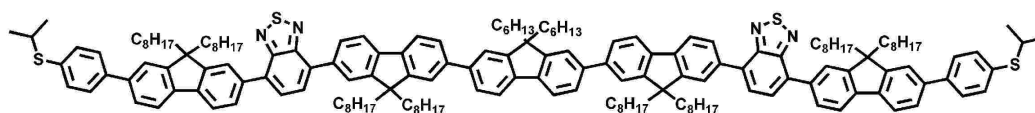
30

40

50

【化 4 4 - 8】

化合物 1 7

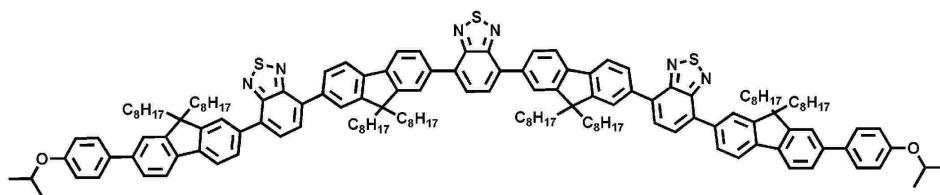


^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.14-8.07 (m, 4H), 8.07-8.01 (m, 4H), 7.99-7.83 (m, 14H), 7.80-7.71 (m, 8H), 7.70-7.61 (m, 8H), 7.54 (d, $^3J = 8.4\text{Hz}$, 4H), 3.47 (m, 2H), 2.35-2.01 (m, 20H), 1.39 (s, 6H), 1.37 (s, 6H), 1.28-1.12 (m, 92H), 1.00-0.78 (m, 50H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 154.44, 154.43, 152.20, 152.15, 151.88, 151.50, 151.45, 141.10, 140.98, 140.87, 140.54, 140.16, 140.13, 140.08, 139.92, 139.57, 136.33, 136.24, 134.52, 133.67, 133.60, 132.30, 128.33, 127.96, 127.53, 126.29, 125.99, 124.06, 124.00, 121.59, 121.38, 120.35, 120.30, 120.06, 119.88, 55.44, 55.42, 40.38, 38.39, 31.87, 31.53, 30.14, 30.12, 29.74, 29.29, 29.26, 24.06, 23.98, 23.22, 22.66, 22.63, 14.13, 14.10.

10

【化 4 4 - 9】

化合物 1 8



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.03 (m, 24H), 7.85 (d, $^3J = 8.4\text{Hz}$, 2H), 7.64 (m, 8H), 7.05 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 4.67 (m, 2H), 2.18 (m, 8H), 1.45 (s, 6H), 1.43 (s, 6H), 1.20 (m, 84H), 0.93 (m, 44H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 157.47, 154.42, 152.04, 151.82, 151.38, 141.21, 140.95, 140.90, 141.08, 139.35, 134.03, 133.74, 133.65, 133.53, 128.38, 128.26, 128.03, 127.92, 125.69, 124.08, 123.96, 121.19, 120.24, 120.11, 119.73, 116.20, 70.03, 55.48, 55.35, 40.41, 40.29, 31.89, 31.86, 30.17, 30.13, 29.33, 29.30, 29.26, 24.12, 23.98, 22.66, 22.65, 22.15, 14.12.

20

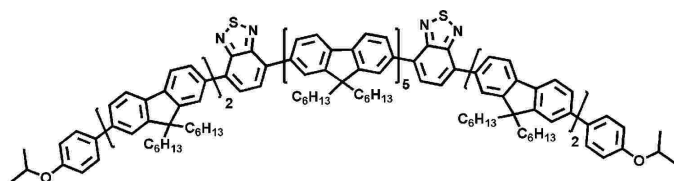
30

40

50

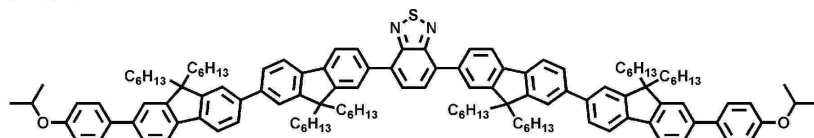
【化 4 4 - 1 0】

化合物 1 9



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 8.10 (m, 8H), 7.89 (m, 20H), 7.74 (m, 26H), 7.60 (m, 8H), 7.00 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 4.63 (m, 2H), 2.15 (m, 36H), 1.38 (s, 6H), 1.36 (s, 6H), 1.15 (m, 108H), 0.82 (m, 90H); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 157.53, 154.40, 152.20, 151.88, 151.77, 151.47, 141.03, 140.83, 140.52, 140.49, 140.29, 140.24, 140.15, 140.11, 140.09, 139.93, 139.87, 139.78, 139.47, 136.32, 136.28, 136.24, 133.46, 128.37, 128.08, 127.93, 126.14, 125.45, 124.11, 121.57, 121.55, 121.09, 120.25, 120.02, 119.68, 116.10, 69.96, 55.45, 55.34, 40.40, 40.29, 31.53, 29.72, 24.00, 23.92, 22.59, 21.85, 13.82.

化合物 2 0



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.08 (m, 4H), 7.92 (m, 6H), 7.82 (m, 4H), 7.66 (m, 16H), 7.04 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 4.65 (m, 2H), 2.15 (m, 16H), 1.43 (s, 6H), 1.41 (s, 6H), 1.17 (m, 48H), 0.89 (m, 40H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 155.55, 152.56, 150.28, 149.85, 149.83, 149.57, 139.20, 139.01, 138.45, 138.34, 137.97, 137.91, 137.60, 134.33, 132.17, 131.75, 126.42, 126.33, 126.05, 124.38, 124.30, 123.74, 122.18, 119.67, 119.60, 119.24, 118.38, 118.11, 118.03, 117.96, 114.31, 68.12, 53.53, 53.42, 38.62, 38.47, 29.64, 29.63, 27.89, 27.87, 22.10, 21.98, 20.74, 20.26, 12.20, 12.17.

10

20

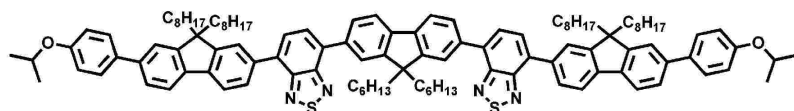
30

40

50

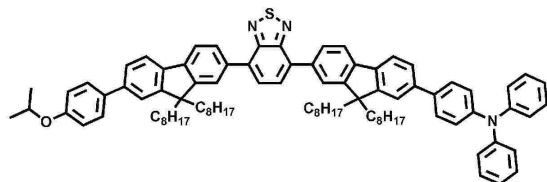
【化 4 4 - 1 1】

化合物 2 1



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.09 (m, 6H), 7.97 (m, 10H), 7.85 (d, $^3J=8.7\text{Hz}$, 2H), 7.63 (m, 8H), 7.05 (d, $^3J=8.7\text{Hz}$, 4H), 4.66 (m, 2H), 2.15 (m, 12H), 1.44 (s, 6H), 1.42 (s, 6H), 1.17 (m, 52H), 0.86 (m, 30H);

化合物 2 2



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.09 (d, $3J=8.1\text{Hz}$, 2H), 8.01 (s, 2H); 8.94 (m, 4H), 7.84 (dd, $^3J=8.7\text{Hz}$, $^4J=2.1\text{Hz}$, 2H), 7.62 (m, 8H), 7.32 (4H), 7.20 (m, 6H), 7.07 (m, 4H), 4.66 (m, 1H), 2.12 (m, 8H), 1.44 (s, 3H), 1.42 (s, 3H), 1.14 (m, 40H), 0.90 (m, 20H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 157.49, 154.44, 152.08, 152.06, 152.04, 151.39, 147.75, 147.16, 141.19, 141.14, 140.09, 139.81, 139.59, 139.37, 136.15, 136.08, 135.63, 134.04, 133.64, 133.60, 129.35, 128.27, 127.93, 127.88, 125.68, 124.44, 124.07, 123.96, 122.98, 121.19, 121.07, 120.28, 120.25, 119.75, 116.21, 70.03, 55.36, 40.42, 31.87, 30.14, 29.29, 23.98, 22.67, 22.17, 14.14.

10

20

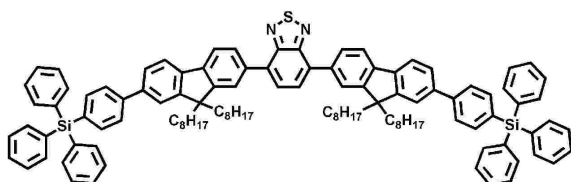
30

40

50

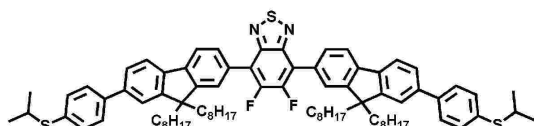
【化 4 4 - 1 2】

化合物 2 3



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.06 (dd, J = 10Hz, 2H), 7.98 (s, 2H), 7.91-7.89 (m, 4H), 7.84 (d, J = 8Hz, 2H), 7.75-7.771 (m, 6H), 7.66-7.62 (m, 16H), 7.47-7.38 (m, 18H), 2.12-2.05 (m, 8H), 1.19-1.02 (m, 48H), 0.81-0.76 (t, 12H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 154.49, 152.18, 151.58, 142.76, 141.08, 140.38, 140.08, 137.08, 136.55, 136.42, 134.37, 133.68, 132.99, 129.78, 128.41, 128.05, 126.75, 126.30, 124.07, 121.73, 120.45, 120.00, 55.49, 40.48, 31.94, 30.20, 29.38, 29.35, 24.08, 22.74, 14.21.

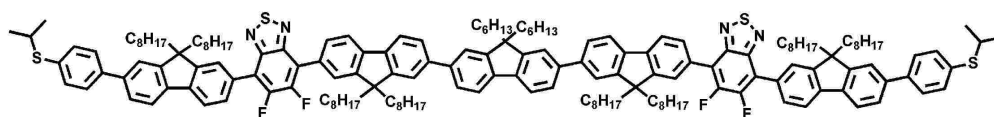
化合物 2 4



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 7.97-7.84 (m, 8H), 7.69-7.61 (m, 8H), 7.53 (d, ^3J = 8.4Hz, 4H), 3.47 (m, 2H), 2.10 (m, 8H), 1.39 (s, 6H), 1.37 (s, 6H), 1.25-1.11 (m, 40H), 0.93-0.77 (m, 20H); ^{19}F NMR (CDCl_3 , 282MHz, ppm) δ : -133.19 (s, 2F); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 152.27, 152.03, 151.06, 150.87, 150.82, 150.77, 148.88, 148.61, 141.64, 139.98, 139.92, 139.88, 134.64, 132.26, 129.49, 128.88, 127.55, 126.05, 125.57, 121.39, 120.51, 119.80, 119.23, 119.15, 119.11, 119.03, 55.46, 40.30, 38.36, 31.85, 30.09, 29.27, 29.25, 23.97, 23.22, 22.65, 14.12.

【化 4 4 - 1 3】

化合物 2 5



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.00-7.83 (m, 18H), 7.77-7.68 (m, 8H), 7.67-7.61 (m, 8H), 7.52 (d, ^3J = 8.4Hz, 4H), 3.46 (m, 2H), 2.12 (m, 20H), 1.38 (s, 6H), 1.36 (s, 6H), 1.25-1.09 (m, 92H), 0.99-0.77 (m, 50H); ^{19}F NMR (CDCl_3 , 282MHz, ppm) δ : -133.24 (s, 2F); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 152.25, 152.20, 152.00, 151.97, 151.82, 151.05, 151.01, 150.82, 150.74, 141.68, 141.57, 141.10, 140.41, 140.10, 139.94, 139.85, 139.82, 139.63, 134.54, 132.21, 129.40, 128.82, 128.72, 127.49, 126.28, 125.98, 125.53, 121.53, 121.34, 120.43, 120.39, 120.01, 119.72, 119.06, 55.41, 55.39, 40.22, 38.32, 31.79, 31.46, 30.02, 29.66, 29.21, 23.97, 23.89, 23.15, 22.58, 22.55, 14.04.

10

20

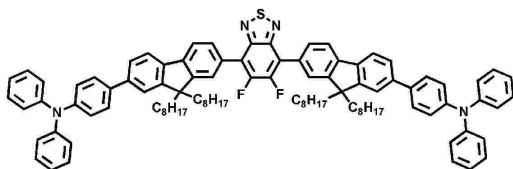
30

40

50

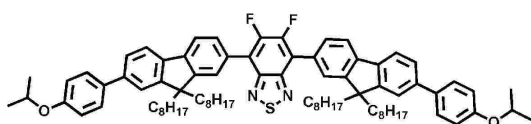
【化 4 4 - 1 4】

化合物 2 6



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 8.00-7.88 (m, 8H), 7.72-7.64 (m, 8H), 7.39-7.31 (m, 8H), 7.25-7.17 (m, 12H), 7.14-7.08 (m, 4H), 2.20-2.10 (m, 8H), 1.30-1.15 (m, 40H), 0.95-0.80 (m, 20H); ^{19}F NMR (CD_2Cl_2 , 282MHz, ppm) δ : -134.25 (s, 2F); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 152.80, 152.49, 151.57, 151.41, 151.36, 149.36, 149.09, 148.29, 147.84, 142.28, 140.67, 139.91, 135.95, 130.11, 129.88, 129.37, 128.36, 126.16, 124.99, 124.48, 123.58, 121.69, 121.01, 120.07, 119.73, 119.66, 119.61, 119.54, 55.99, 40.76, 35.22, 32.39, 30.60, 29.80, 25.83, 24.55, 23.19, 14.42.

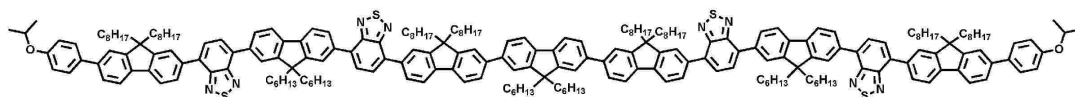
化合物 2 7



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 7.85 (m, 8H), 7.61 (m, 8H); 7.02 (d, $^3J = 8.7$ Hz, 4H), 4.64 (m, 2H), 2.07 (m, 8H), 1.41 (s, 6H), 1.39 (s, 6H), 1.12 (m, 40H), 0.83 (m, 20H); ^{19}F NMR (CDCl_3 , 282MHz, ppm) δ : -133.29 (s, 2F); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 157.50, 152.13, 150.96, 150.82, 148.84, 141.81, 140.35, 139.11, 133.94, 129.37, 128.61, 128.26, 125.70, 125.49, 121.17, 120.35, 119.60, 119.09, 116.18,

【化 4 4 - 1 5】

化合物 2 8



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.10 (m, 14H), 7.89 (m, 24H), 7.75 (m, 8H), 7.62 (m, 8H), 7.03 (d, $^3J = 8.7$ Hz, 4H), 4.64 (m, 2H), 2.14 (m, 28H), 1.42 (s, 6H), 1.40 (s, 6H), 1.76 (m, 128H), 0.90 (m, 84H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 157.48, 154.43, 152.20, 152.04, 151.87, 151.81, 151.50, 151.38, 141.21, 141.10, 140.93, 141.90, 141.87, 140.54, 140.12, 140.08, 139.92, 139.89, 139.35, 136.55, 136.53, 136.23, 136.04, 134.03, 133.74, 133.71, 133.61, 133.54, 128.36, 128.33, 128.26, 128.02, 127.96, 127.93, 126.28, 125.69, 124.10, 123.96, 121.59, 121.21, 121.18, 120.29, 120.26, 120.24, 120.10, 119.90, 119.87, 119.85, 119.73, 116.19, 70.02, 55.47, 55.44, 55.41, 55.35, 40.40, 34.71, 31.87, 31.63, 31.58, 31.52, 30.13, 29.86, 29.73, 29.30, 29.27, 25.32, 24.08, 23.97, 22.70, 22.66, 22.62, 22.15, 20.74, 14.17, 14.12.

10

20

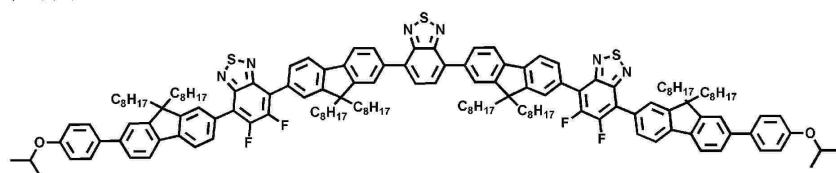
30

40

50

【化 4 4 - 1 6】

化合物 2 9

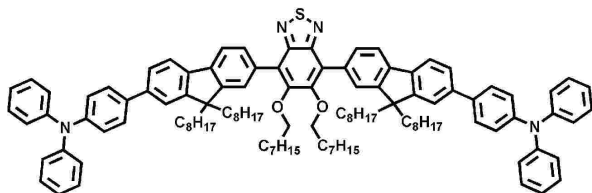


^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.10 (m, 4H), 7.92 (m, 18H), 7.62 (m, 8H), 7.03 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 4.64 (m, 2H), 2.13 (m, 16H), 1.42 (s, 6H), 1.40 (s, 6H), 1.16 (m, 80H), 0.84 (m, 40H); ^{19}F NMR (CDCl_3 , 282MHz, ppm) δ : -133.16 (d, $^3J = 9.6\text{Hz}$, 2F), -133.26 (d, $^3J = 10.1\text{Hz}$, 2F); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 157.52, 154.39, 152.15, 151.94, 151.41, 150.99, 150.89, 150.86, 150.80, 150.76, 141.86, 141.55, 140.72, 140.38, 139.12, 136.78, 133.94, 133.64, 129.49, 129.42, 129.12, 128.60, 128.41, 128.27, 128.07, 126.08, 126.05, 125.72, 125.68, 125.64, 125.54, 125.51, 124.09, 121.19, 120.38, 120.25, 120.02, 119.64, 119.36, 119.33, 119.18, 119.16, 119.12, 119.10, 118.96, 118.93, 116.19, 70.02, 55.52, 55.38, 40.31, 40.19, 31.87, 31.85, 29.30, 29.28, 29.24, 24.09, 23.96, 22.65, 22.64, 22.14, 14.10.

10

【化 4 4 - 1 7】

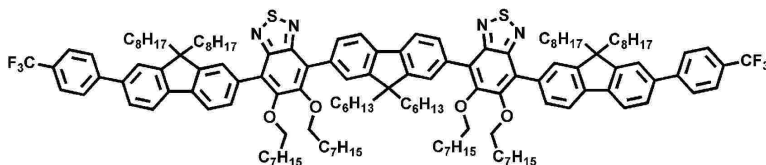
化合物 3 0



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 7.93-7.87 (m, 4H), 7.79-7.70 (m, 4H), 7.68-7.64 (m, 8H), 7.37-7.31 (m, 8H), 7.23-7.17 (m, 12H), 7.12-7.08 (m, 4H), 3.93 (t, $J = 6.7\text{Hz}$, 4H), 2.15-2.10 (m, 8H), 1.66-1.61 (m, 4H), 1.24-1.16 (m, 62H), 0.90-0.82 (m, 26H); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 153.71, 153.05, 152.59, 151.07, 148.30, 147.72, 141.03, 140.40, 140.16, 136.14, 133.32, 130.37, 129.85, 128.32, 126.27, 126.03, 125.33, 124.94, 124.53, 123.53, 121.63, 120.67, 119.62, 75.05, 55.84, 40.87, 32.42, 30.85, 30.71, 30.00, 29.92, 29.88, 26.58, 24.64, 23.25, 23.19, 14.42.

30

化合物 3 1



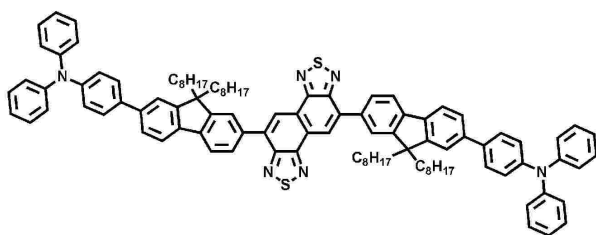
^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 7.97-8.84 (m, 6H), 7.83-7.36 (m, 12H), 7.73 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 7.65-7.60 (m, 4H), 4.00 (t, $^3J = 6.6\text{Hz}$, 8H), 2.09 (m, 12H), 1.61 (m, 8H), 1.34-1.06 (m, 92H), 1.02-0.68 (m, 42H); ^{19}F NMR (CDCl_3 , 282MHz, ppm) δ : -62.27 (s, 6F); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 153.14, 152.53, 152.48, 152.21, 150.90, 150.69, 145.29, 141.22, 140.71, 140.17, 138.62, 133.11, 132.78, 129.74, 129.63, 129.36, 128.96, 127.48, 126.32, 126.22, 125.75, 125.70, 124.92, 124.69, 122.62, 121.70, 120.34, 119.58, 119.51, 74.60, 55.41, 55.32, 40.36, 31.97, 31.87, 30.35, 30.18, 30.02, 29.46, 29.36, 29.34, 26.04, 24.22, 24.07, 22.74, 22.70, 22.64, 14.11, 14.08,

40

50

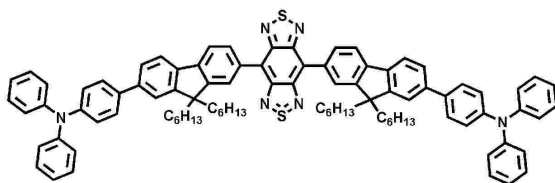
【化 4 4 - 1 8】

化合物 3 2



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 9.13 (s, 2H), 8.20-8.17 (m, 2H), 7.94 (d, J = 7.9Hz, 2H), 7.86 (d, J = 8.4Hz, 2H), 7.66-7.61 (m, 8H) 7.33-7.28 (m, 8H), 7.19-7.13 (m, 12H), 7.09-7.04 (m, 4H), 2.20-2.11 (m, 8H), 1.19-1.13 (m, 40H), 0.79-0.75 (m, 12H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 154.69, 154.62, 152.77, 152.02, 148.28, 147.79, 142.11, 140.47, 140.06, 136.30, 135.99, 134.69, 129.96, 129.18, 128.33, 126.10, 125.85, 125.46, 124.96, 124.80, 124.48, 123.55, 121.68, 120.91, 120.28, 56.04, 40.84, 32.37, 30.60, 29.90, 24.57, 23.17, 14.39.

化合物 3 3



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 8.38 (d, ^4J = 0.9Hz, 2H), 8.32 (dd, ^3J = 8.0Hz, ^4J = 1.3Hz, 2H), 7.98 (d, ^3J = 7.8Hz, 2H), 7.89 (d, ^3J = 7.8Hz, 2H), 7.70-7.61 (m, 8H), 7.35-7.27 (m, 8H), 7.23-7.13 (m, 12H), 7.11-7.02 (m, 4H), 2.22-2.09 (m, 8H), 1.24-1.16 (m, 24H), 0.97-0.92 (m, 8H), 0.81 (t, ^3J = 6.7Hz, 12H); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 153.58, 153.13, 151.33, 148.27, 147.80, 142.00, 140.57, 140.03, 136.01, 134.50, 131.67, 129.87, 128.37, 127.84, 126.17, 124.96, 124.50, 123.56, 122.13, 121.71, 121.06, 119.85, 55.96, 40.79, 32.15, 30.36, 24.65, 23.20, 14.44.

10

20

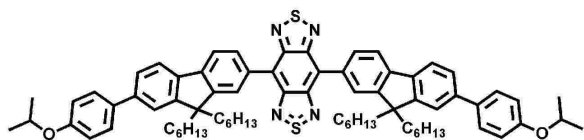
30

40

50

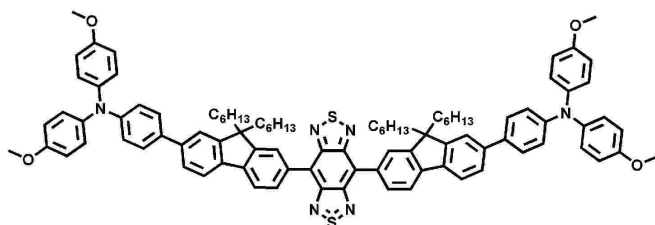
【化 4 4 - 1 9】

化合物 3 4



^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz, ppm) δ : 8.34-8.30 (m, 4H), 8.00 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 2H), 7.87 (d, $^3J = 8.4\text{Hz}$, 2H), 7.68-7.60 (m, 8H), 7.04 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 4.66 (m, 2H), 2.20-2.05 (m, 8H), 1.43 (s, 6H), 1.41 (s, 6H), 1.23-1.15 (m, 24H), 0.99-0.02 (m, 8H), 0.81 (t, $^3J = 6.8\text{Hz}$, 12H); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 75MHz, ppm) δ : 157.60, 153.16, 152.62, 150.94, 141.78, 140.39, 139.37, 134.13, 133.79, 130.91, 128.39, 127.36, 125.84, 121.90, 121.33, 120.53, 119.59, 116.31, 70.15, 55.47, 40.42, 31.69, 29.96, 24.15, 22.78, 22.26, 14.22.

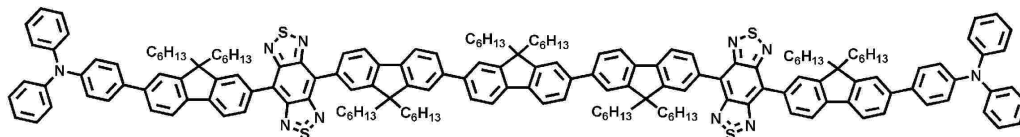
化合物 3 5



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 8.40 (d, $^4J = 0.9\text{Hz}$, 2H), 8.35 (dd, $^3J = 8.1\text{Hz}$, $^4J = 1.5\text{Hz}$, 2H), 8.01 (d, $^3J = 8.1\text{Hz}$, 2H), 7.91 (d, $^3J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 7.72-7.64 (m, 4H), 7.61 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 7.16 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 8H), 7.07 (d, $^3J = 8.7\text{Hz}$, 4H), 6.93 (d, $^3J = 9.0\text{Hz}$, 8H), 3.85 (s, 12H), 2.18 (m, 8H), 1.30-1.15 (m, 24H), 1.05-0.91 (m, 8H), 0.84 (t, $^3J = 6.6\text{Hz}$, 12H); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 156.11, 153.01, 152.53, 150.74, 148.28, 141.51, 140.83, 140.22,

【化 4 4 - 2 0】

化合物 3 6



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300MHz, ppm) δ : 8.32-8.22 (m, 8H), 7.97-7.86 (m, 6H), 7.82 (d, $^3J = 8.4\text{Hz}$, 4H), 7.73-7.66 (m, 8H), 7.60-7.52 (m, 8H), 7.26-7.19 (m, 8H), 7.13-7.01 (m, 12H), 7.02-6.95 (m, 4H), 2.20-1.96 (m, 20H), 1.18-1.03 (m, 60H), 0.95-0.67 (50H); ^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75MHz, ppm) δ : 153.60, 153.20, 153.13, 152.47, 151.41, 151.35, 148.28, 147.82, 142.01, 141.96, 141.60, 141.07, 140.73, 140.58, 140.39, 140.03, 138.50, 136.61, 136.50, 136.01, 134.60, 134.49, 131.65, 131.54, 129.87, 128.35, 127.89, 127.84, 126.82, 126.75, 126.16, 124.97, 124.48, 123.57, 122.24, 122.19, 122.13, 121.72, 121.04, 120.60, 119.94, 119.84, 56.03, 55.96, 40.96, 40.77, 32.15, 32.10, 30.34, 30.25, 24.65, 23.19, 23.15, 14.41, 14.38.

10

20

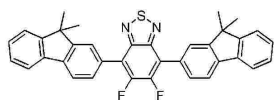
30

40

50

【化 4 4 - 2 1】

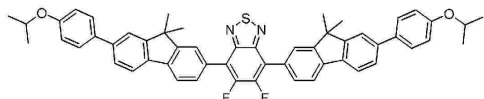
化合物 3 7



^1H NMR (CDCl_3 , 500MHz, ppm) δ : 7.93 (m, 4H), 7.87 (d, J = 7.9 Hz, 2H), 7.82 (d, J = 6.6 Hz, 2H), 7.50 (d, J = 7.0 Hz, 2H), 7.38 (m, 4H), 1.58 (s, 12H)

^{19}F NMR (CDCl_3 , 471 MHz, ppm) δ : -133.19 (s)

化合物 3 8

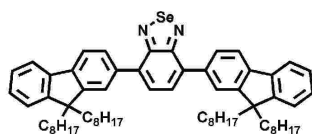


^1H NMR (CDCl_3 , 500 MHz, ppm) δ : 7.93 (m, 4H), 7.88 (d, J = 8.1 Hz, 2H), 7.84 (d, J = 7.9 Hz, 2H), 7.65 (s, 2H), 7.60 (m, 6H), 7.00 (d, J = 8.3 Hz, 4H), 4.63 (m, 2H), 1.62 (s, 12H), 1.40 (d, J = 6.0 Hz, 12H)

^{19}F NMR (CDCl_3 , 471 MHz, ppm) δ : -133.20 (s)

^{13}C NMR (CDCl_3 , 126 MHz, ppm) δ : 157.69, 154.94, 154.03, 140.86, 140.19, 137.36, 133.98, 129.81, 128.41, 126.07, 125.18, 121.18, 120.83, 120.08, 116.34, 77.41, 77.16, 76.91, 70.18, 47.33, 31.74, 27.39, 22.80, 22.26, 14.26.

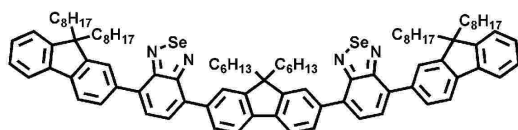
化合物 3 9



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 7.97 (dd, J = 7.8Hz, J = 1.5Hz, 2H), 7.88-7.83 (m, 4H), 7.79-7.75 (m, 2H), 7.72 (s, 2H), 7.42-7.29 (m, 6H), 2.13-1.94 (m, 8H), 1.27-1.03 (m, 40H), 0.84-0.70 (m, 20H).

【化 4 4 - 2 2】

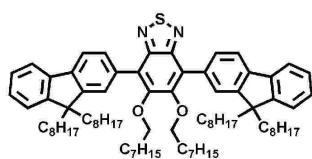
化合物 4 0



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.03-7.97 (m, 4H), 7.95-7.92 (m, 2H), 7.90-7.85 (m, 6H), 7.79-7.75 (m, 6H), 2.16-2.02 (m, 12H), 1.21-1.10 (m, 56H), 0.83-0.77 (m, 26H)

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 160.17, 151.77, 151.45, 151.15, 141.37, 140.93, 140.86, 137.21, 136.94, 135.62, 135.50, 128.76, 128.62, 128.51, 128.46, 127.36, 126.98, 124.36, 124.25, 124.20, 123.10, 120.07, 119.97, 119.67, 55.51, 55.34, 40.42, 34.81, 31.97, 31.74, 31.69, 30.24, 29.97, 29.41, 29.39, 25.43, 24.21, 24.05, 22.78, 22.76, 14.23.

化合物 4 1



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 7.88 (d, 2H, J = 7.8 Hz), 7.79-7.77 (m, 3H), 7.75-7.74 (m, 3H), 7.41-7.31 (m, 6H), 3.91 (t, 3H, J = 6.76 Hz), 2.08-1.97 (m, 8H), 1.61-1.57 (m, 4H), 1.20-1.10 (m, 66H), 0.86-0.80 (m, 26H).

10

20

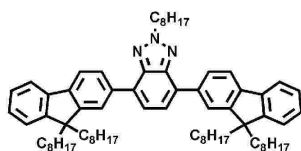
30

40

50

【化 4 4 - 2 3】

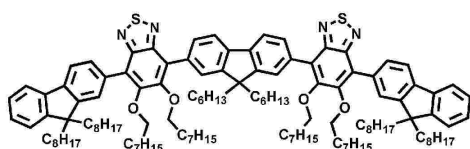
化合物 4 2



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.17-8.14 (dd, 2H, J = 7.92 Hz, J = 1.51 Hz), 8.08 (d, 2H, J = 1.14 Hz), 7.87 (d, 2H, J = 7.93 Hz), 7.80-7.7- (m, 4H), 7.42-7.31 (m, 6H), 4.84 (t, 2H, J = 7.2 Hz), 2.27-2.22 (m, 2H), 2.11-2.02 (m, 8H), 1.49-1.31 (m, 12H), 1.20-1.11 (m, 36H), 0.84-0.80 (m, 25H)

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 151.45, 151.21, 143.84, 141.06, 140.99, 136.34, 130.70, 127.61, 127.20, 126.93, 124.48, 123.31, 123.07, 119.98, 119.95, 56.94, 55.27, 40.52, 31.95, 30.31, 30.21, 29.44, 29.40, 29.36, 29.29, 26.90, 24.06, 22.80, 22.75, 14.24, 14.21.

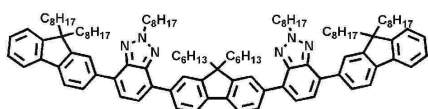
化合物 4 3



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 7.94 (d, 2H, J = 8.02 Hz), 7.88 (d, 2H, J = 7.76 Hz), 7.81-7.74 (m, 10H), 7.40-7.31 (m, 6H), 3.94-3.89 (m, 8H), 2.10-2.00 (m, 12H), 1.60-1.56 (m, 8H), 1.22-1.09 (m, 92H), 0.88-0.76 (m, 42H).

【化 4 4 - 2 4】

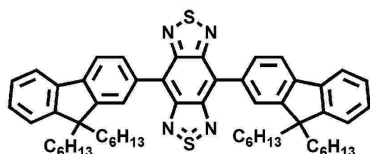
化合物 4 4



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.20 (t, 4H, J = 7.75 Hz), 8.14 (m, 4H), 7.95 (d, 2H, J = 7.93 Hz), 7.90 (d, 2H, J = 7.93 Hz), 7.80 (m, 6H), 7.44-7.33 (m, 6H), 4.88 (t, 4H, J = 7.14 Hz), 2.30-2.05 (m, 16H), 1.52-1.34 (m, 28H), 1.18-1.14 (m, 56H), 0.95-0.79 (m, 24H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 151.85, 151.45, 151.22, 143.86, 141.07, 140.99, 140.79, 136.46, 136.34, 130.74, 130.71, 127.75, 127.63, 127.21, 126.94, 124.51, 123.40, 123.32, 123.07, 120.18, 119.98, 56.97, 55.39, 55.27, 40.53, 31.95, 31.70, 30.31, 30.23, 30.09, 29.44, 29.41, 29.36, 29.29, 26.90, 24.22, 24.06, 22.83, 22.80, 22.75, 14.24, 14.21, 14.16.

化合物 4 5

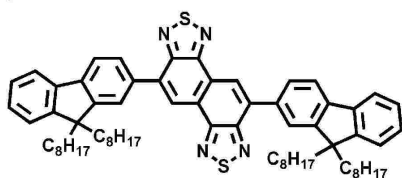


^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.42 (d, 2H, J = 1.1 Hz), 8.37 (dd, 2H, J = 7.92 Hz, J = 1.47 Hz), 8.04 (d, 2H, J = 7.94 Hz), 7.90-7.87 (m, 2H), 7.52-7.43 (m, 6H), 2.24-2.11 (m, 8H), 1.26-1.23 (m, 26H), 1.04-0.84 (m, 22H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 153.08, 151.85, 150.62, 141.91, 140.67, 133.87, 130.88, 127.59, 127.31, 127.01, 123.07, 121.84, 120.28, 119.58, 55.34, 40.33, 31.65, 29.91, 24.07, 22.71, 14.20.

【化 4 4 - 2 5】

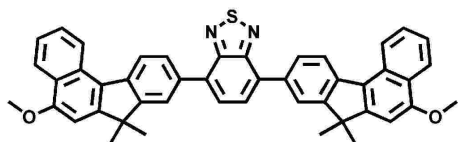
化合物 4 6



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 9.09 (s, 2H), 8.20 (d, 2H, $J = 1.1$ Hz), 8.16 (dd, 2H, $J = 7.9$ Hz, $J = 1.51$ Hz), 7.92 (d, 2H, $J = 7.9$ Hz), 7.84-7.81 (m, 2H), 7.47-7.37 (m, 6H), 2.19-2.09 (m, 8H), 1.23-1.15 (m, 40H), 0.84-0.79 (m, 20H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 154.17, 154.06, 151.55, 151.34, 141.99, 140.72, 135.72, 134.26, 128.58, 127.57, 127.02, 125.30, 125.00, 124.28, 123.14, 120.22, 119.97, 55.48, 40.45, 31.95, 30.23, 29.40, 24.09, 22.74, 14.21.

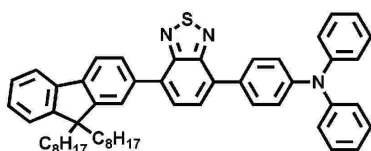
化合物 4 7



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.75 (d, 2H, $J = 8.42$ Hz), 8.41 (dd, 4H, $J = 8.62$ Hz, $J = 2.45$ Hz), 8.14-8.18 (m, 4H), 7.95 (s, 2H), 7.70 (t, 2H, $J = 7.06$ Hz), 7.55 (t, 2H, $J = 7.39$ Hz), 7.00 (s, 2H), 4.14 (s, 6H), 1.66 (s, 12H).

【化 4 4 - 2 6】

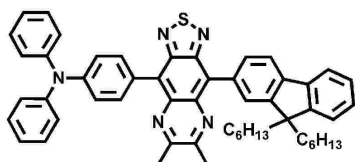
化合物 4 8



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300 MHz, ppm) δ : 8.04 (m, 2H), 7.96 (d, 2H, $J =$ Hz), 7.90-7.86 (m, 2H), 7.82-7.79 (m, 2H), 7.46-7.31 (m, 7H), 7.25-7.20 (m, 6H), 7.13-7.08 (m, 2H), 2.14-2.05 (m, 4H), 1.23-1.12 (m, 20H), 0.85-0.80 (m, 10H).

^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75 MHz, ppm) δ : 154.93, 154.75, 151.92, 151.63, 148.63, 148.11, 141.82, 141.26, 136.85, 133.60, 132.96, 131.64, 130.63, 129.96, 128.79, 128.55, 127.89, 127.80, 127.45, 125.43, 124.54, 123.93, 123.62, 123.37, 120.49, 120.16, 55.83, 40.83, 32.40, 30.64, 29.84, 29.82, 24.53, 23.20, 14.46.

化合物 4 9



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300 MHz, ppm) δ : 7.92-7.88 (m, 3H), 7.86-7.83 (m, 3H), 7.46-7.43 (m, 1H), 7.41-7.33 (m, 6H), 7.28-7.22 (m, 6H), 7.15-7.09 (m, 2H), 2.73 (s, 3H), 2.68 (s, 3H), 2.09-2.02 (m, 4H), 1.17-1.12 (m, 12H), 0.80-0.75 (m, 10H).

^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75 MHz, ppm) δ : 155.59, 155.46, 153.40, 153.25, 152.07, 150.19, 148.31, 148.11, 141.42, 141.37, 137.67, 137.47, 134.44, 134.30, 131.77, 129.98, 129.77, 129.14, 128.82, 127.78, 127.41, 125.77, 124.06, 123.61, 121.76, 120.50, 119.29, 55.64, 40.87, 32.17, 30.45, 24.63, 24.12, 23.22, 14.34.

10

20

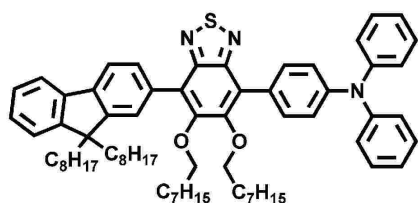
30

40

50

【化 4 4 - 2 7】

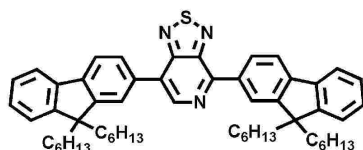
化合物 5 0



^1H NMR (CD_2Cl_2 , 300 MHz, ppm) δ : 7.85 (d, 1H, $J = 7.4$ Hz), 7.81-7.78 (m, 1H), 7.33-7.70 (m, 2H), 7.64 (d, 2H, $J = 8.8$ Hz), 7.43-7.29 (m, 7H), 7.22-7.18 (m, 6H), 7.11-7.06 (m, 2H), 3.98 (t, 2H, $J = 6.5$ Hz), 3.90 (t, 2H, $J = 6.7$ Hz), 2.06-2.0 (m, 4H), 1.64-1.56 (m, 4H), 1.30-1.10 (m, 40H), 0.91-0.75 (m, 16H).

^{13}C NMR (CD_2Cl_2 , 75 MHz, ppm) δ : 153.76, 153.70, 153.10, 152.84, 151.82, 150.80, 148.27, 148.03, 141.47, 141.29, 133.34, 132.33, 130.25, 129.89, 128.35, 127.71, 127.36, 126.22, 125.28, 125.19, 124.57, 123.72, 123.56, 122.95, 120.35, 119.58, 74.99, 55.71, 40.82, 32.49, 32.42, 32.40, 30.82, 30.78, 30.72, 30.03, 29.96, 29.94, 29.90, 29.87, 29.85, 26.61, 26.56, 24.59, 23.28, 23.24, 23.19, 14.48, 14.42.

化合物 5 1



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.97 (s, 1H), 8.77 (dd, 1H, $J = 8.0$ Hz, $J = 1.5$ Hz), 8.69 (d, 1H, $J = 1.2$ Hz), 8.09 (m, 1H), 8.03 (d, 1H, $J = 1.2$ Hz), 7.94-7.89 (m, 2H), 7.83-7.78 (m, 2H), 7.42-7.36 (m, 6H), 2.16-2.02 (m, 8H), 1.21-1.08 (m, 22H), 0.83-0.77 (m, 12H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 157.13, 152.47, 151.92, 151.53, 151.48, 151.21, 150.21, 143.59, 142.81, 141.98, 140.62, 135.83, 133.45, 129.34, 128.20, 127.88, 127.61, 127.36, 127.04, 124.47, 123.87, 123.17, 123.14, 120.49, 120.20, 120.15, 119.86, 55.51, 55.40, 40.44, 31.94, 30.21, 29.37, 24.01, 22.74, 22.72, 14.21.

10

20

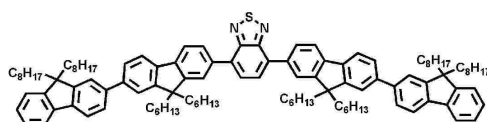
30

40

50

【化 4 4 - 2 8】

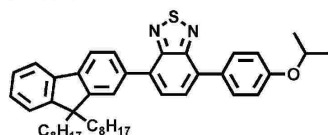
化合物 5 2



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.08 (d, 2H, $J = 7.9$ Hz), 8.01 (s, 2H), 7.93 (m, 4H), 7.86 (d, 2H, $J = 7.8$ Hz), 7.80 (d, 2H, $J = 7.8$ Hz), 7.77-7.75 (m, 2H), 7.71-7.65 (m, 8H), 7.39-7.32 (m, 6H), 2.14-2.04 (m, 16H), 1.26-1.10 (m, 60H), 0.89-0.77 (m, 44H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 154.55, 152.27, 151.63, 151.57, 151.17, 141.19, 140.97, 140.93, 140.59, 140.53, 139.97, 136.32, 133.76, 128.40, 128.06, 127.12, 126.94, 126.39, 126.20, 124.16, 123.08, 121.67, 121.59, 120.33, 120.04, 119.93, 119.87, 55.52, 55.33, 40.53, 31.93, 31.64, 30.19, 29.89, 29.37, 24.09, 23.97, 22.74, 14.22, 14.20.

化合物 5 3



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.06-7.95 (m, 4H), 7.90-7.85 (m, 2H), 7.82-7.77 (m, 2H), 7.45-7.37 (m, 3H), 7.10 (d, 2H, $J = 11.7$ Hz), 4.73-4.65 (m, 2H), 2.13-2.05 (m, 4H), 1.45 (s, 3H), 1.43 (s, 3H), 1.22-1.14 (m, 20H), 0.85-0.82 (m, 10H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 158.33, 154.41, 154.36, 151.39, 151.16, 141.35, 140.79, 136.28, 133.21, 132.81, 130.53, 129.78, 128.22, 128.04, 127.36, 126.95, 123.95, 123.04, 120.04, 119.80, 115.95, 70.03, 55.32, 40.42, 31.92, 30.19, 29.35, 23.99, 22.71, 22.24, 14.19.

10

20

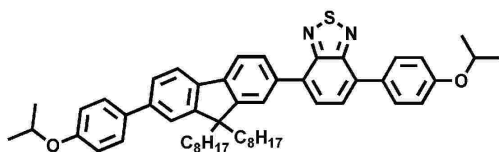
30

40

50

【化 4 4 - 2 9】

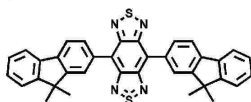
化合物 5 4



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.04 (d, 1H, $J = 7.9$ Hz), 7.99-7.95 (m, 3H), 7.89-7.85 (m, 2H), 7.83-7.77 (m, 2H), 7.65-7.58 (m, 4H), 7.10 (d, 2H, $J = 8.8$ Hz), 7.04 (d, 2H, $J = 8.8$ Hz), 4.72-4.60 (m, 2H), 2.14-2.07 (m, 4H), 1.44-1.41 (m, 12H), 1.21-1.12 (m, 2H), 0.84-0.79 (m, 10H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 158.34, 157.55, 154.44, 154.40, 152.09, 151.40, 141.16, 140.10, 139.46, 136.14, 134.10, 133.26, 132.81, 130.55, 129.83, 128.32, 128.04, 127.42, 125.74, 123.96, 121.24, 120.29, 119.77, 116.27, 115.98, 77.58, 77.16, 76.74, 70.08, 55.42, 40.49, 31.93, 30.19, 29.36, 29.33, 24.03, 22.72, 22.26, 22.23, 14.19.

化合物 5 5

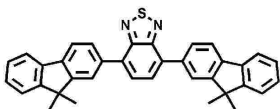


^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.38 (d, 4J = 1.2 Hz, 2H), 8.29 (dd, 3J = 8.1 Hz, 4J = 1.5 Hz, 2H), 8.02 (dd, 3J = 8.1 Hz, 2H), 7.90-7.84 (m, 2H), 7.57-7.51 (m, 2H), 7.46-7.38 (m, 4H), 1.66 (s, 12H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 154.50, 153.67, 153.08, 140.29, 138.93, 134.13, 131.18, 127.89, 127.28, 126.66, 122.84, 121.88, 121.51, 120.64, 120.02, 47.29, 27.34.

【化 4 4 - 3 0】

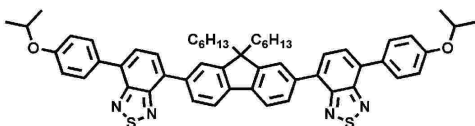
化合物 5 6



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.06-7.99 (m, 4H), 7.93-7.88 (m, 2H), 7.83-7.78 (m, 2H), 7.53-7.46 (m, 2H), 7.43-7.33 (m, 4H), 1.60 (s, 12H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 154.43, 154.24, 154.13, 139.65, 138.96, 136.60, 133.70, 128.56, 128.17, 127.66, 127.24, 123.76, 122.81, 120.44, 120.24, 47.22, 27.39.

化合物 5 7



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.05 (dd, 2H, $J =$ Hz, $J =$ Hz), 7.99-7.92 (m, 8H), 7.86 (d, 2H, $J =$ Hz), 7.78 (d, 2H, $J =$ Hz), 7.08 (d, 4H, $J =$ Hz), 4.71-4.63 (m, 2H), 2.15-2.09 (m, 4H), 1.42 (s, 6H), 1.40 (s, 6H), 1.17-1.13 (m, 12H), 0.91 (m, 4H), 0.80-0.75 (m, 6H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 158.38, 154.46, 154.42, 151.84, 140.95, 136.59, 133.25, 132.96, 130.58, 129.85, 128.40, 128.17, 127.47, 124.08, 120.12, 116.02, 70.14, 55.56, 40.41, 31.65, 29.93, 24.13, 22.75, 22.27, 14.19.

10

20

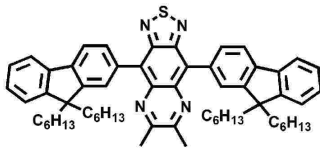
30

40

50

【化 4 4 - 3 1】

化合物 5 8



^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz, ppm) δ : 8.06-7.99 (m, 4H), 7.94 (s, 2H), 7.87-7.85 (m, 2H), 7.48-7.39 (m, 6H), 2.74 (s, 6H), 2.10 (m, 8H), 1.20-1.16 (m, 24H), 0.83-0.79 (m, 20H).

^{13}C NMR (CDCl_3 , 75 MHz, ppm) δ : 154.77, 152.99, 151.57, 149.69, 141.14, 141.12, 137.23, 133.70, 131.11, 129.90, 128.41, 127.27, 126.95, 123.01, 120.11, 119.15, 55.21, 40.63, 34.78, 34.63, 31.72, 30.09, 25.39, 24.11, 23.88, 22.81, 20.82, 14.14.

10

【0 0 7 4】

(実施例 1) 薄膜

クロロホルム中の化合物 1 の溶液を、予め洗浄した溶融シリカ基板上にスピンコートして薄いニート膜を形成した。同様に、化合物 2 ~ 4、7、8、10、11、15、16、23、24、32 および 33 の薄膜も形成した。

形成した薄膜を用いて、有機レーザへの可能性を評価した。薄膜を 337 nm のパルス窒素レーザで光励起した。ポンプレーザのパルス持続時間は約 800 ps であり、その繰り返し率は 8 Hz である。ポンプ強度は、1 組の減光フィルタを使用して制御される。ポンプビームは、0.5 cm × 0.08 cm のストライプに集束される。電荷結合素子 (CCD) 分光計に接続された光ファイバーを使用して、有機層の縁部からの発光スペクトルを測定した。発光スペクトルを様々なポンプ強度で測定した。低い励起強度では、PL スペクトルは広く、ポンプ強度に依存しなかった。高い励起強度では、ASE が発生し、発光バンドのスペクトル狭窄が観察された。ASE 閾値と ASE のピーク波長を求めた。結果を表 1 にまとめる。図 1 (a) は、化合物 4 の薄膜についての励起強度の関数としての強度の変動および励起強度の関数としての FWHM の変動を示し、図 1 (b) は、薄膜についての励起強度の関数としてのスペクトルの変動を示す。

20

【表 1】

化合物	λ_{ASE} [nm]	閾値 [$\mu\text{J}/\text{cm}^2$]
化合物 1	552	9.8
化合物 2	554	4.0
化合物 3	564	2.3
化合物 4	494	0.50
化合物 7	551	0.50
化合物 8	544	1.19
化合物 10	578	0.84
化合物 11	558	1.56
化合物 15	576	2.3
化合物 16	554	0.83
化合物 23	541	1.30
化合物 24	546	1.14
化合物 32	566	4.46
化合物 33	815	4.0

30

40

【0 0 7 5】

(実施例 2) 緑色光励起分布帰還型 (DFB) 有機レーザ

ガラス基板を、中性洗剤、純水、アセトン、およびイソプロパノールを用いて超音波洗浄した後、UV-オゾン処理した。DFB 格子となる 100 nm 厚の SiO_2 層をガラス

50

基板上に100℃でスパッタリングした。スパッタリング中のアルゴン圧力は0.66 Paであった。RF電力は100Wに設定した。基板は、イソプロパノールを使用した超音波処理と、それに続くUV-オゾン処理によって洗浄した。SiO₂表面を、4,000 rpmで15秒間スピコートリングし、120℃で120秒間アニーリングすることによって、ヘキサメチルジシラザン(HMDS)で処理した。約70nmの厚さを有するレジスト層を、ZEP520A-7溶液(ZEON社)から4,000 rpmで30秒間基板上にスピコートリングし、180℃で240秒間ベークした。

【0076】

電子ビームリソグラフィは、JBX-5500SCシステム(JEOL)を使用して、 0.1 nC cm^{-2} の最適化された線量でレジスト層上に格子パターンを描くために行われた。電子ビーム照射後、パターンを現像液(ZED-N50、ZEON社)中、室温で現像した。パターンニングされたレジスト層はエッチングマスクとして使用され、基板はEIS-200ERTエッチングシステム(ELONIX)を用いてCHF₃でプラズマエッチングした。基板からレジスト層を完全に除去するために、基板は、FA-1EAエッチングシステム(SAMCO)を使用してO₂でプラズマエッチングした。エッチング条件は、SiO₂表面が露出するまで、DFB内の溝からSiO₂を完全に除去するように最適化した。SiO₂表面上に形成された格子をSEM(SU8000、日立)で観察した。DFB内の溝からSiO₂が完全に除去されたことを確認するために、EDX(6.0 kV、SU8000、日立)分析を行った。断面SEMは、冷電界放出型SEM(SU8200、日立ハイテクノロジーズ)を使用してKobelcoによって測定した。このようにして、二次ブラッグ散乱領域からなる回折格子を、 $5\times 5\text{ mm}^2$ の面積にわたってSiO₂上に作製した。二次領域の格子周期(Λ)は、300nmであり、ブラッグ条件に基づいて選択された。

$$m\lambda_{\text{Bragg}} = 2n_{\text{eff}}\Lambda_m$$

ここで、 m は回折次数、 λ_{Bragg} はブラッグ波長、 n_{eff} は利得媒質の実効屈折率である。

【0077】

DFB基板は、従来の超音波処理によって洗浄した。化合物25および4,4'-ビス(N-カルバゾリル)-1,10-ビフェニル(CBP)のクロロホルム溶液(重量比6:94)をDFB基板の上にスピコートリングして、厚さ240nmの発光層を形成した。厚さ2 μm のCYTOPポリマー層をスピコートリングによって構造体の上に直接形成し、次いで、300Kで $25\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ の熱伝導率を有するサファイア蓋によって覆い、ガラス/SiO₂/6重量%化合物25:CBP/CYTOP/サファイア蓋の構造を有する二次DFBレーザを作製した。

化合物25(6重量%)とCBPの薄膜のPLQYは85%であった。薄膜のPLスペクトルおよび過渡PL減衰曲線を得た。励起子寿命は2.5nsと推定された。

【0078】

DFBレーザの性能を、窒素ガスレーザポンプを使用して特性評価した。ポンプの励起波長は337nmであり、パルス幅は3.5nsであり、繰り返し率は20Hzであった。図2(a)および図2(b)は、それぞれ、ポンプエネルギー密度の関数としてのDFBレーザの発光スペクトルおよび発光出力強度を示す。閾値は $10\mu\text{ J/cm}^2$ であり、FWHMは0.2nmであった。

【0079】

(実施例3) 黄色光励起分布帰還型(DFB)有機レーザ

実施例2と同様の方法でガラス上に2次分布帰還型(DFB)有機レーザを作製した。格子の周期は360nmであった。ニート化合物7のクロロホルム溶液をDFB格子の上にスピコートして発光層を形成した。得られた膜厚は220nmであった。数 μm 厚のCytopポリマー層を構造体の上部にスピコートリングし、次いでサファイア蓋で覆った。DFBレーザの性能を、窒素ガスレーザポンプを使用して特性評価した。ポンプの励起波長は337nmであり、パルス幅は3.5nsであり、繰り返し率は20Hzであ

った。図 3 (a) および図 3 (b) は、それぞれ、ポンプエネルギー密度の関数としての DFB レーザの発光スペクトルおよび発光出力強度を示す。閾値は $2.6 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ であり、FWHM は 0.6 nm であった。

【0080】

(実施例 4) 他の光励起分布帰還型 (DFB) 有機レーザ

実施例 2 と同様の方法でガラス上に 2 次分布帰還型 (DFB) 有機レーザを作製した。格子の周期は 300 nm であった。CBP と化合物 6 の混合物のクロロホルム溶液を DFB 格子の上にスピコートして発光層を形成した。数 μm 厚の Cytop ポリマー層を構造体の上部にスピコートし、次いでサファイア蓋で覆った。

化合物 6 の代わりに化合物 2、5、7、17、22、23、26、28、31、32、34、43～46 および 49 を用い、周期を表 2 に示すように変化した以外は同様にして光励起 DFB 有機レーザを作製した。

【0081】

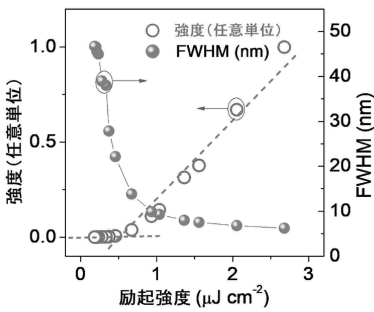
DFB レーザの性能を、窒素ガスレーザポンプを使用して特性評価した。ポンプの励起波長は 337 nm であり、パルス幅は 3.5 ns であり、繰り返し率は 20 Hz であった。図 4 (a) は、DFB レーザの発光スペクトルを示す。スペクトルから明らかなように、各 DFB レーザの FWHM は非常に小さかった。図 4 (b) は、ポンプエネルギー密度の関数としての化合物 6 を使用した DFB レーザの発光出力強度を示す。

【表 2】

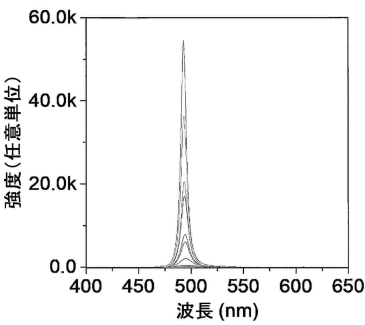
化合物	$\lambda_{\text{lasing}} [\text{nm}]$	閾値 [$\mu\text{J}/\text{cm}^2$]	周期 [nm]
化合物 2	553.8	9.6	360
化合物 5	471.9	1.4	290
化合物 6	480.0	1.0	300
化合物 7	558.0	2.6	360
化合物 17	569.5	3.4	370
化合物 22	559.0	2.4	360
化合物 23	567.0	3.8	370
化合物 26	526.9	4.7	330
化合物 28	561.0	1.8	360
化合物 31	519.2	3.9	330
化合物 32	603.0	1.55	390
化合物 34	782.4	10.0	510
化合物 43	520.3	10.2	330
化合物 44	495.0	3.3	310
化合物 45	783.5	3.4	510
化合物 46	569.2	8.0	370
化合物 49	699.7	3.7	450

【図面】

【図 1 (a)】

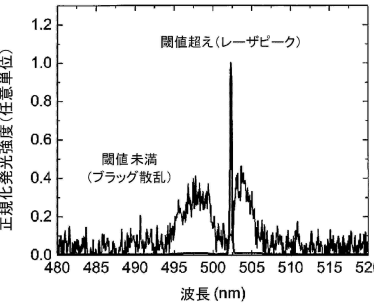


【図 1 (b)】

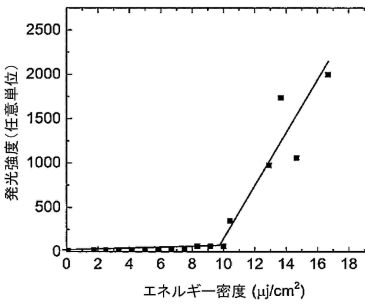


10

【図 2 (a)】

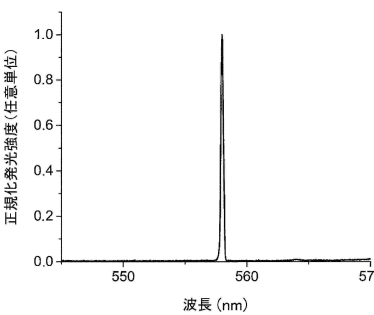


【図 2 (b)】

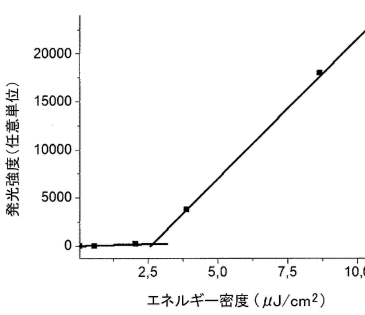


20

【図 3 (a)】



【図 3 (b)】

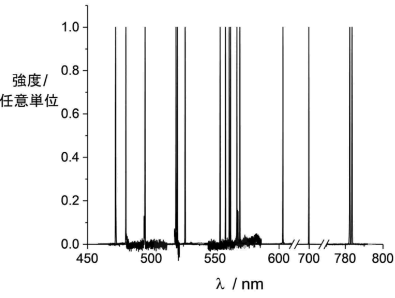


30

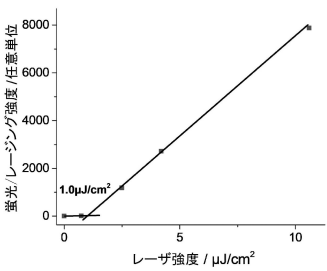
40

50

【図 4 (a)】



【図 4 (b)】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

インダストリーアカデミック コオペレイション ファウンデーション, ヨンセイ ユニバーシティ
大韓民国 03722 ソウル ソデムング ヨンセイーロ、50 (シンチョンードン)

(73)特許権者 504145342

国立大学法人九州大学

福岡県福岡市西区元岡744

(74)代理人 110000109

弁理士法人特許事務所サイクス

(72)発明者 ダレオ アンソニー

フランス国 13009 マルセイユ リュー ラビュタン シャンタル 4 ヌーヴォー パルク セヴ
イニエ

(72)発明者 リビエル ジーン チャールズ モーリス

福岡県福岡市西区九大新町4-1 株式会社KOALA Tech内

(72)発明者 ベンシュイク ファティマ

福岡県福岡市西区九大新町4-1 株式会社KOALA Tech内

(72)発明者 ブラシド ヴィルジニ シモン フランソワーズ

福岡県福岡市西区九大新町4-1 株式会社KOALA Tech内

(72)発明者 儘田 正史

福岡県福岡市西区元岡744 国立大学法人九州大学内

(72)発明者 安達 千波矢

福岡県福岡市西区元岡744 国立大学法人九州大学内

審査官 村井 友和

(56)参考文献 特開2008-163190 (JP, A)

特開2008-106032 (JP, A)

特開2008-098433 (JP, A)

特開2008-050531 (JP, A)

特表2019-526937 (JP, A)

中国特許出願公開第107151312 (CN, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01S 3/16

H01S 5/36