

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7664280号  
(P7664280)

(45)発行日 令和7年4月17日(2025.4.17)

(24)登録日 令和7年4月9日(2025.4.9)

(51)国際特許分類	F I	
H 1 0 K 30/60 (2023.01)	H 1 0 K 30/60	
H 1 0 F 39/18 (2025.01)	H 1 0 F 39/18	C
H 1 0 K 39/32 (2023.01)	H 1 0 K 39/32	
H 1 0 K 85/60 (2023.01)	H 1 0 K 85/60	

請求項の数 20 (全43頁)

(21)出願番号	特願2022-558999(P2022-558999)	(73)特許権者	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(86)(22)出願日	令和3年10月14日(2021.10.14)	(74)代理人	100152984 弁理士 伊東 秀明
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/038036	(74)代理人	100148080 弁理士 三橋 史生
(87)国際公開番号	WO2022/091799	(72)発明者	森田 昌樹 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内
(87)国際公開日	令和4年5月5日(2022.5.5)	(72)発明者	藤原 良 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内
審査請求日	令和6年7月4日(2024.7.4)	(72)発明者	杉浦 寛記 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 最終頁に続く
(31)優先権主張番号	特願2020-183043(P2020-183043)		
(32)優先日	令和2年10月30日(2020.10.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

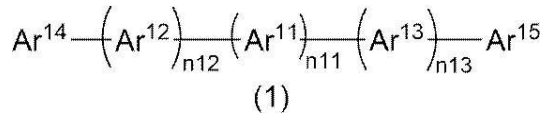
(54)【発明の名称】 光電変換素子、撮像素子、光センサ、化合物

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

導電性膜、光電変換膜、及び、透明導電性膜をこの順で有する光電変換素子であって、前記光電変換膜が、式(1)で表される化合物を含む、光電変換素子。

【化1】



式(1)中、n11は、1又は2を表す。

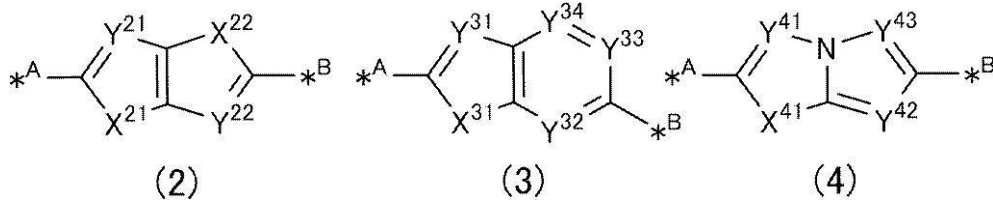
n12及びn13は、それぞれ独立に、0又は1を表す。ただし、n12及びn13の、少なくとも一方は1を表す。

Ar<sup>11</sup>は、チオフェン環、ベンゼン環、フラン環、及び、セレノフェン環からなる群から選択される1種以上の芳香環の組み合わせからなる縮合多環芳香環基を表す。ただし、前記縮合多環芳香環基が有する環の数は3~4個であり、前記縮合多環芳香環基は少なくとも1個のチオフェン環を含む。前記縮合多環芳香環基は置換基を有していてもよい。

Ar<sup>14</sup>及びAr<sup>15</sup>は、それぞれ独立に、置換基を有していてもよいアリール基、又は、置換基を有していてもよいヘテロアリール基を表す。

Ar<sup>12</sup>及びAr<sup>13</sup>は、それぞれ独立に、式(2)~式(4)で表される基のいずれかを表す。

## 【化2】



式(2)~式(4)中、\*A及び\*Bは、結合位置を表す。

式(2)中、 $X^{21}$ 及び $X^{22}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{21}$ 及び $Y^{22}$ は、それぞれ独立に、窒素原子又は $-CR=$ を表す。Rは、水素原子又は置換基を表す。ただし、 $Y^{21}$ 及び $Y^{22}$ のうち、少なくとも一方は窒素原子を表す。

10

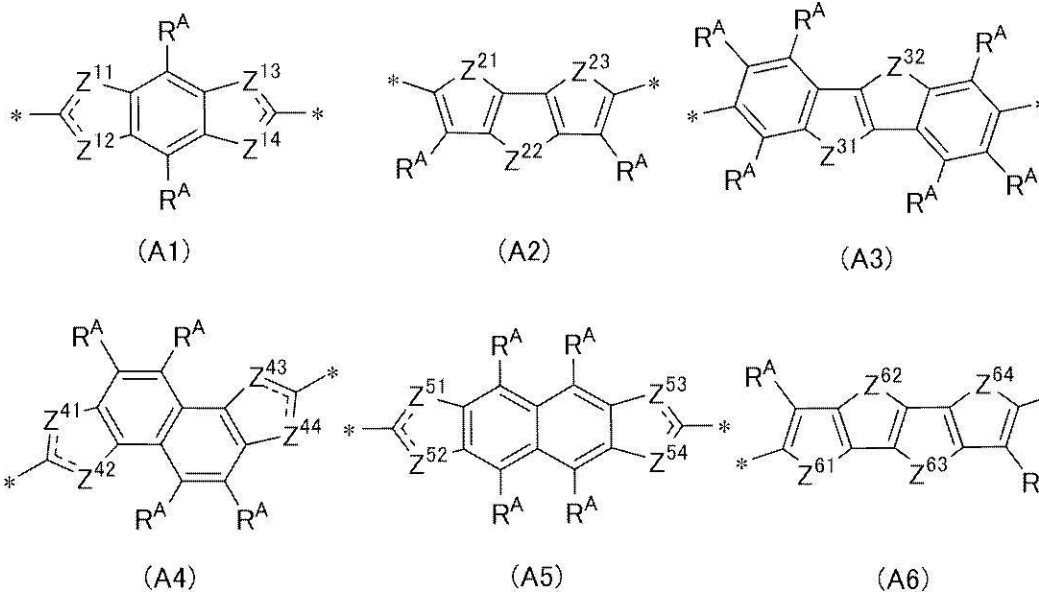
式(3)中、 $X^{31}$ は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{31} \sim Y^{34}$ は、それぞれ独立に、窒素原子又は $-CR=$ を表す。Rは、水素原子又は置換基を示す。

式(4)中、 $X^{41}$ は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{41} \sim Y^{43}$ は、それぞれ独立に、窒素原子又は $-CR=$ を表す。Rは、水素原子又は置換基を示す。

## 【請求項2】

前記式(1)中、 $Ar^{11}$ で表される基が、式(A1)~式(A6)で表される基のいずれかである、請求項1に記載の光電変換素子。

## 【化3】



20

式(A1)~(A6)中、\*は、結合位置を表す。

式(A1)中、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。R及び $R^A$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

40

式(A2)中、 $Z^{21} \sim Z^{23}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{21} \sim Z^{23}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表す。 $R^A$ は、水素原子又は置換基を表す。

式(A3)中、 $Z^{31}$ 及び $Z^{32}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{31}$ 及び $Z^{32}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表す。 $R^A$ は、水素原子又は置換基を表す。

式(A4)中、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。R及び $R^A$ は、それぞれ独立に、水素

50

原子又は置換基を表す。

式 (A 5) 中、 $Z^{51}$  及び  $Z^{52}$  の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{51}$  及び  $Z^{52}$  の他方は、-CR=を表す。 $Z^{53}$  及び  $Z^{54}$  の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{53}$  及び  $Z^{54}$  の他方は、-CR=を表す。R 及び  $R^A$  は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式 (A 6) 中、 $Z^{61} \sim Z^{64}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{61} \sim Z^{64}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表す。 $R^A$  は、水素原子又は置換基を表す。

【請求項 3】

前記式 (A 1) 中、 $Z^{11}$  及び  $Z^{12}$  の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{11}$  及び  $Z^{12}$  の他方は、-CR=を表し、

$Z^{13}$  及び  $Z^{14}$  の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{13}$  及び  $Z^{14}$  の他方は、-CR=を表し、

前記式 (A 2) 中、 $Z^{21} \sim Z^{23}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{21} \sim Z^{23}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表し、

前記式 (A 3) 中、 $Z^{31}$  及び  $Z^{32}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{31} \sim Z^{32}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表し、

前記式 (A 4) 中、 $Z^{41}$  及び  $Z^{42}$  の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{41}$  及び  $Z^{42}$  の他方は、-CR=を表し、

$Z^{43}$  及び  $Z^{44}$  の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{43}$  及び  $Z^{44}$  の他方は、-CR=を表し、

前記式 (A 5) 中、 $Z^{51}$  及び  $Z^{52}$  の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{51}$  及び  $Z^{52}$  の他方は、-CR=を表し、

$Z^{53}$  及び  $Z^{54}$  の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{53}$  及び  $Z^{54}$  の他方は、-CR=を表し、

前記式 (A 6) 中、 $Z^{61} \sim Z^{64}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{61} \sim Z^{64}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表す、請求項 2 に記載の光電変換素子

。

【請求項 4】

前記式 (1) 中、 $n_{11}$  が 1 であり、 $Ar^{11}$  が前記式 (A 5) で表される基である、請求項 2 又は 3 に記載の光電変換素子。

【請求項 5】

前記式 (2) 中、 $X^{21}$  及び  $X^{22}$  が、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、

前記式 (3) 中、 $X^{31}$  が、硫黄原子又は酸素原子を表し、

前記式 (4) 中、 $X^{41}$  が、硫黄原子又は酸素原子を表す、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光電変換素子。

【請求項 6】

前記式 (1) 中、 $Ar^{12}$  及び  $Ar^{13}$  が、それぞれ独立に、式 (5) ~ 式 (13) で表される基のいずれかを表す、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の光電変換素子。

10

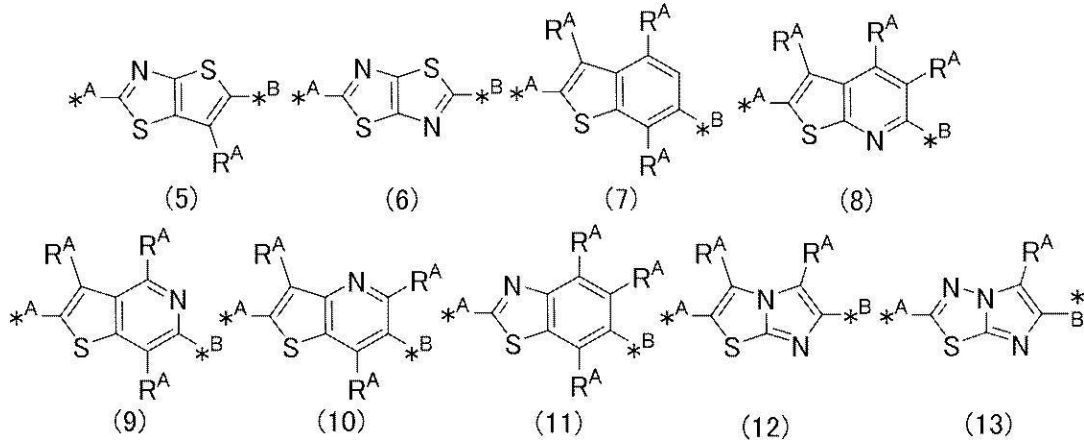
20

30

40

50

## 【化 4】



式(5)～式(13)中、\*<sup>A</sup>及び\*<sup>B</sup>は、結合位置を表す。

R<sup>A</sup>は、水素原子又は置換基を表す。

## 【請求項 7】

前記式(1)で表される化合物の分子量が550～1200である、請求項1～6のいずれか1項に記載の光電変換素子。

## 【請求項 8】

前記光電変換膜が、更に、色素を含み、

前記光電変換膜が、前記式(1)で表される化合物と前記色素とが混合された状態で形成される混合層である、請求項1～7のいずれか1項に記載の光電変換素子。

## 【請求項 9】

前記光電変換膜が、更に、n型半導体材料を含む、請求項1～8のいずれか1項に記載の光電変換素子。

## 【請求項 10】

前記n型半導体材料が、フラレン及びその誘導体からなる群より選択されるフラレン類を含む、請求項9に記載の光電変換素子。

## 【請求項 11】

前記導電性膜と前記透明導電性膜との間に、前記光電変換膜の他に1種以上の中間層を有する、請求項1～10のいずれか1項に記載の光電変換素子。

## 【請求項 12】

請求項1～11のいずれか1項に記載の光電変換素子を有する、撮像素子。

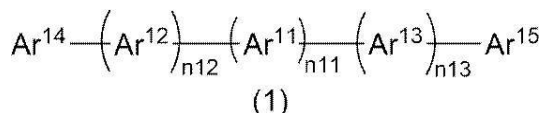
## 【請求項 13】

請求項1～11のいずれか1項に記載の光電変換素子を有する、光センサ。

## 【請求項 14】

式(1)で表される化合物。

## 【化 5】



式(1)中、n11は、1又は2を表す。

n12及びn13は、それぞれ独立に、0又は1を表す。ただし、n12及びn13の、少なくとも一方は1を表す。

Ar<sup>11</sup>は、チオフェン環、ベンゼン環、フラン環、及び、セレンフェン環からなる群から選択される1種以上の芳香環の組み合わせからなる縮合多環芳香環基を表す。ただし、前記縮合多環芳香環基が有する環の数は3～4個であり、前記縮合多環芳香環基は少なくとも1個のチオフェン環を含む。前記縮合多環芳香環基は置換基を有していてもよい。

Ar<sup>14</sup>及びAr<sup>15</sup>は、それぞれ独立に、置換基を有していてもよいアリール基、又は

10

20

30

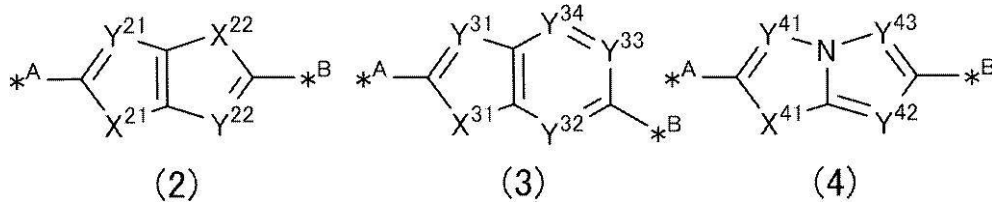
40

50

、置換基を有していてもよいヘテロアリール基を表す。

$Ar^{12}$  及び  $Ar^{13}$  は、それぞれ独立に、式(2)~式(4)で表される基のいずれかを表す。

【化6】



式(2)~式(4)中、 $*A$  及び  $*B$  は、結合位置を表す。

式(2)中、 $X^{21}$  及び  $X^{22}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{21}$  及び  $Y^{22}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は  $-CR=$  を表す。 $R$  は、水素原子又は置換基を表す。ただし、 $Y^{21}$  及び  $Y^{22}$  のうち、少なくとも一方は窒素原子を表す。

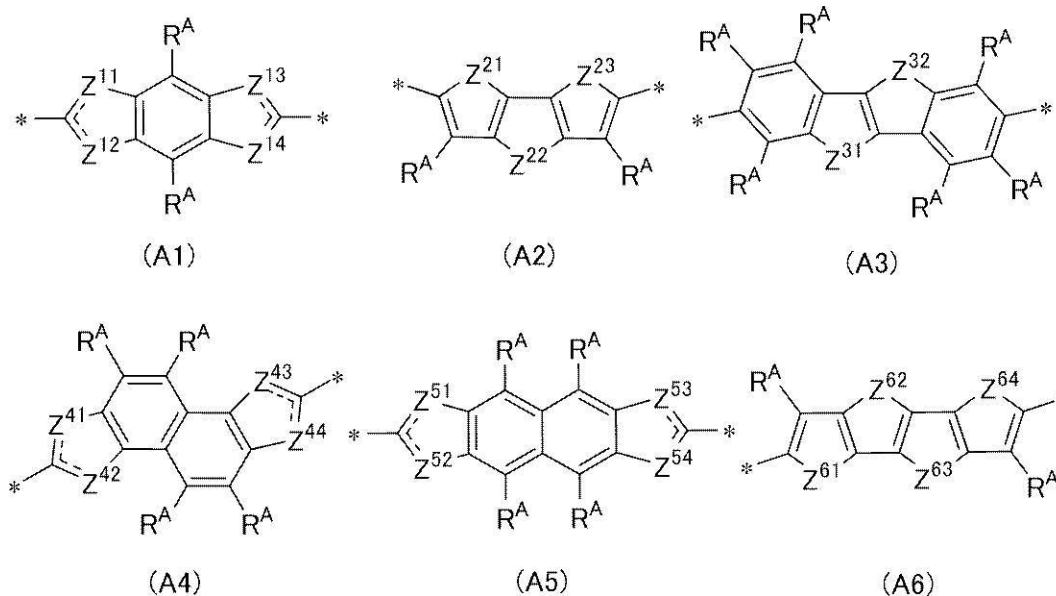
式(3)中、 $X^{31}$  は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{31} \sim Y^{34}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は  $-CR=$  を表す。 $R$  は、水素原子又は置換基を示す。

式(4)中、 $X^{41}$  は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{41} \sim Y^{43}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は  $-CR=$  を表す。 $R$  は、水素原子又は置換基を示す。

【請求項15】

前記式(1)中、 $Ar^{11}$  で表される基が、式(A1)~式(A6)で表される基のいずれかである、請求項14に記載の化合物。

【化7】



式(A1)~(A6)中、 $*$  は、結合位置を表す。

式(A1)中、 $Z^{11}$  及び  $Z^{12}$  の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{11}$  及び  $Z^{12}$  の他方は、 $-CR=$  を表す。 $Z^{13}$  及び  $Z^{14}$  の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{13}$  及び  $Z^{14}$  の他方は、 $-CR=$  を表す。 $R$  及び  $R^A$  は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A2)中、 $Z^{21} \sim Z^{23}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{21} \sim Z^{23}$  のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表す。 $R^A$  は、水素原子又は置換基を表す。

式(A3)中、 $Z^{31}$  及び  $Z^{32}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{31}$  及び  $Z^{32}$  のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表す。 $R^A$  は、水素原子又は置換基を表す。

10

20

30

40

50

式(A4)中、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $R$ 及び $R^A$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A5)中、 $Z^{51}$ 及び $Z^{52}$ の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{51}$ 及び $Z^{52}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $Z^{53}$ 及び $Z^{54}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{53}$ 及び $Z^{54}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $R$ 及び $R^A$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A6)中、 $Z^{61} \sim Z^{64}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{61} \sim Z^{64}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表す。  $R^A$ は、水素原子又は置換基を表す。

10

【請求項16】

前記式(A1)中、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

$Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

前記式(A2)中、 $Z^{21} \sim Z^{23}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{21} \sim Z^{23}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表し、

前記式(A3)中、 $Z^{31}$ 及び $Z^{32}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{31} \sim Z^{32}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表し、

20

前記式(A4)中、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

$Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

前記式(A5)中、 $Z^{51}$ 及び $Z^{52}$ の一方は、硫黄原子を表し、 $Z^{51}$ 及び $Z^{52}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

$Z^{53}$ 及び $Z^{54}$ の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{53}$ 及び $Z^{54}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

前記式(A6)中、 $Z^{61} \sim Z^{64}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{61} \sim Z^{64}$ のうち少なくとも1つは、硫黄原子を表す、請求項15に記載の化合物。

30

【請求項17】

前記式(1)中、 $n_{11}$ が1であり、 $Ar^{11}$ が前記式(A5)で表される基である、請求項15又は16に記載の化合物。

【請求項18】

前記式(2)中、 $X^{21}$ 及び $X^{22}$ が、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、

前記式(3)中、 $X^{31}$ が、硫黄原子又は酸素原子を表し、

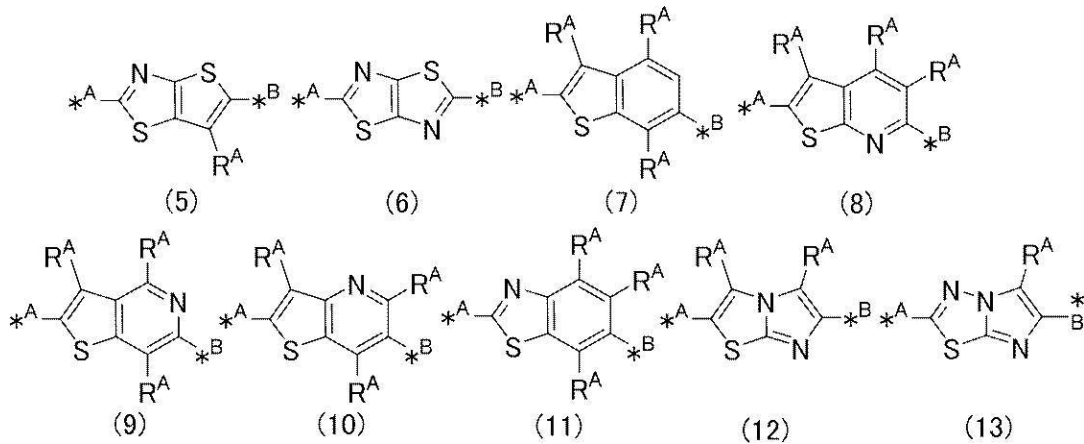
前記式(4)中、 $X^{41}$ が、硫黄原子又は酸素原子を表す、請求項14～17のいずれか1項に記載の化合物。

【請求項19】

前記式(1)中、 $Ar^{12}$ 及び $Ar^{13}$ が、それぞれ独立に、式(5)～式(13)で表される基のいずれかを表す、請求項14～18のいずれか1項に記載の化合物。

40

## 【化 8】



式(5)~式(13)中、\*<sup>A</sup>及び\*<sup>B</sup>は、結合位置を表す。

R<sup>A</sup>は、水素原子又は置換基を表す。

## 【請求項 20】

前記式(1)で表される化合物の分子量が550~1200である、請求項14~19のいずれか1項に記載の化合物。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

【0001】

本発明は、光電変換素子、撮像素子、光センサ、及び、化合物に関する。

## 【背景技術】

【0002】

近年、光電変換膜を有する素子(例えば、撮像素子)の開発が進んでいる。

例えば、特許文献1において、所定の化合物を含む有機薄膜層を一層以上有する光電変換部を備える撮像素子用光電変換素子が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

【0003】

【文献】特表2018-170487号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、撮像素子及び光センサ等の性能向上の要求に伴い、これらに使用される光電変換素子に求められる諸特性に関してもさらなる向上が求められている。

例えば、光電変換素子における、光電変換効率のさらなる向上が求められている。

本発明者らが、特許文献1に開示されている化合物を用いた光電変換素子について検討したところ、このような光電変換素子には光電変換効率(例えば、波長400~550nmの光に対する光電変換効率)について改良の余地があることが確認された。

【0005】

本発明は、上記実情に鑑みて、光電変換効率に優れた光電変換素子を提供することを課題とする。

また、本発明は、上記光電変換素子に関する、撮像素子、光センサ、及び、化合物を提供することも課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者らは、上記課題について鋭意検討した結果、下記構成により上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0007】

10

20

30

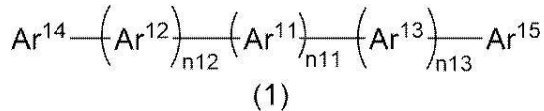
40

50

〔 1 〕

導電性膜、光電変換膜、及び、透明導電性膜をこの順で有する光電変換素子であって、上記光電変換膜が、式(1)で表される化合物を含む、光電変換素子。

【化1】



式(1)中、 $n11$ は、1又は2を表す。

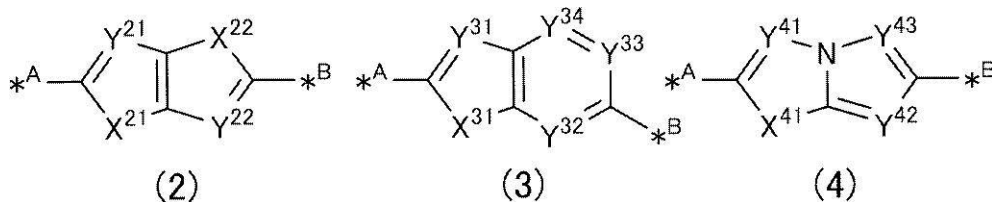
$n12$ 及び $n13$ は、それぞれ独立に、0又は1を表す。ただし、 $n12$ 及び $n13$ の、少なくとも一方は1を表す。

$\text{Ar}^{11}$ は、チオフェン環、ベンゼン環、フラン環、及び、セレノフェン環からなる群から選択される1種以上の芳香環の組み合わせからなる縮合多環芳香環基を表す。ただし、上記縮合多環芳香環基が有する環の数は3~4個である。上記縮合多環芳香環基は置換基を有していてもよい。

$\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ は、それぞれ独立に、置換基を有していてもよいアリール基、又は、置換基を有していてもよいヘテロアリール基を表す。

$\text{Ar}^{12}$ 及び $\text{Ar}^{13}$ は、それぞれ独立に、式(2)~式(4)で表される基のいずれかを表す。

【化2】



式(2)~式(4)中、 $*A$ 及び $*B$ は、結合位置を表す。

式(2)中、 $X^{21}$ 及び $X^{22}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{21}$ 及び $Y^{22}$ は、それぞれ独立に、窒素原子又は $-CR=$ を表す。Rは、水素原子又は置換基を表す。ただし、 $Y^{21}$ 及び $Y^{22}$ のうち、少なくとも一方は窒素原子を表す。

式(3)中、 $X^{31}$ は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{31}$ ~ $Y^{34}$ は、それぞれ独立に、窒素原子又は $-CR=$ を表す。Rは、水素原子又は置換基を示す。

式(4)中、 $X^{41}$ は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{41}$ ~ $Y^{43}$ は、それぞれ独立に、窒素原子又は $-CR=$ を表す。Rは、水素原子又は置換基を示す。

〔 2 〕

上記式(1)中、 $\text{Ar}^{11}$ で表される基が、式(A1)~式(A6)で表される基のいずれかである、〔1〕に記載の光電変換素子。

10

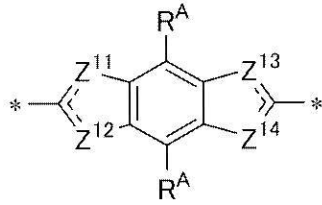
20

30

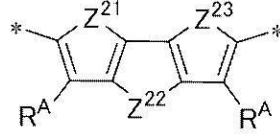
40

50

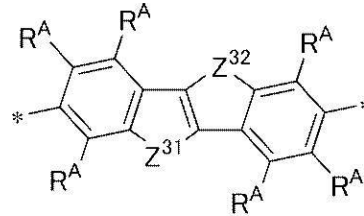
## 【化3】



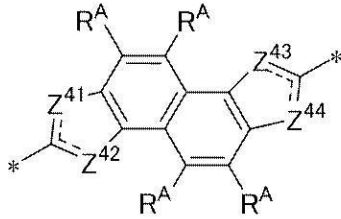
(A1)



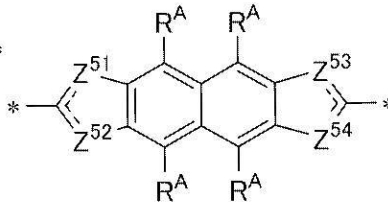
(A2)



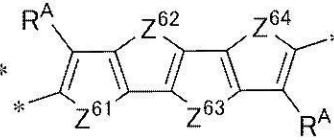
(A3)



(A4)



(A5)



(A6)

式(A1)~(A6)中、\*は、結合位置を表す。

式(A1)中、Z<sup>11</sup>及びZ<sup>12</sup>の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、Z<sup>11</sup>及びZ<sup>12</sup>の他方は、-CR=を表す。Z<sup>13</sup>及びZ<sup>14</sup>の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、Z<sup>13</sup>及びZ<sup>14</sup>の他方は、-CR=を表す。R及びR<sup>A</sup>は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A2)中、Z<sup>21</sup>~Z<sup>23</sup>は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。R<sup>A</sup>は、水素原子又は置換基を表す。

式(A3)中、Z<sup>31</sup>及びZ<sup>32</sup>は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。R<sup>A</sup>は、水素原子又は置換基を表す。

式(A4)中、Z<sup>41</sup>及びZ<sup>42</sup>の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、Z<sup>41</sup>及びZ<sup>42</sup>の他方は、-CR=を表す。Z<sup>43</sup>及びZ<sup>44</sup>の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、Z<sup>43</sup>及びZ<sup>44</sup>の他方は、-CR=を表す。R及びR<sup>A</sup>は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A5)中、Z<sup>51</sup>及びZ<sup>52</sup>の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、Z<sup>51</sup>及びZ<sup>52</sup>の他方は、-CR=を表す。Z<sup>53</sup>及びZ<sup>54</sup>の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、Z<sup>53</sup>及びZ<sup>54</sup>の他方は、-CR=を表す。R及びR<sup>A</sup>は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A6)中、Z<sup>61</sup>~Z<sup>64</sup>は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。R<sup>A</sup>は、水素原子又は置換基を表す。

## 〔3〕

上記式(A1)中、Z<sup>11</sup>及びZ<sup>12</sup>の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、Z<sup>11</sup>及びZ<sup>12</sup>の他方は、-CR=を表し、

Z<sup>13</sup>及びZ<sup>14</sup>の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、Z<sup>13</sup>及びZ<sup>14</sup>の他方は、-CR=を表し、

上記式(A2)中、Z<sup>21</sup>~Z<sup>23</sup>は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、

上記式(A3)中、Z<sup>31</sup>及びZ<sup>32</sup>は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、

上記式(A4)中、Z<sup>41</sup>及びZ<sup>42</sup>の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、Z<sup>41</sup>及びZ<sup>42</sup>の他方は、-CR=を表し、

Z<sup>43</sup>及びZ<sup>44</sup>の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、Z<sup>43</sup>及びZ<sup>44</sup>の他方は、-CR=を表し、

上記式(A5)中、Z<sup>51</sup>及びZ<sup>52</sup>の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、Z<sup>51</sup>及びZ<sup>52</sup>の他方は、-CR=を表し、

10

20

30

40

50

Z<sup>53</sup>及びZ<sup>54</sup>の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、Z<sup>53</sup>及びZ<sup>54</sup>の他方は、  
-CR=を表し、

上記式(A6)中、Z<sup>61</sup>~Z<sup>64</sup>は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表す、  
〔2〕に記載の光電変換素子。

〔4〕

上記式(1)中、n<sub>11</sub>が1であり、Ar<sup>11</sup>が上記式(A5)で表される基である、  
〔2〕又は〔3〕に記載の光電変換素子。

〔5〕

上記式(2)中、X<sup>21</sup>及びX<sup>22</sup>が、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、  
上記式(3)中、X<sup>31</sup>が、硫黄原子又は酸素原子を表し、

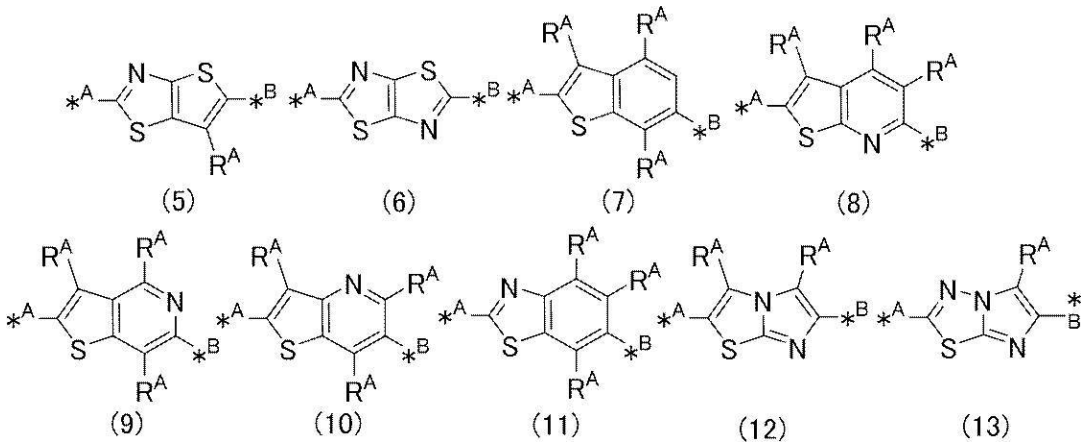
10

上記式(4)中、X<sup>41</sup>が、硫黄原子又は酸素原子を表す、〔1〕~〔4〕のいずれか  
に記載の光電変換素子。

〔6〕

上記式(1)中、Ar<sup>12</sup>及びAr<sup>13</sup>が、それぞれ独立に、式(5)~式(13)で表  
される基のいずれかを表す、〔1〕~〔5〕のいずれかに記載の光電変換素子。

【化4】



20

式(5)~式(13)中、\*A及び\*Bは、結合位置を表す。

RAは、水素原子又は置換基を表す。

30

〔7〕

上記式(1)で表される化合物の分子量が550~1200である、〔1〕~〔6〕の  
いずれかに記載の光電変換素子。

〔8〕

上記光電変換膜が、更に、色素を含み、

上記光電変換膜が、上記式(1)で表される化合物と上記色素とが混合された状態  
で形成される混合層である、〔1〕~〔7〕のいずれかに記載の光電変換素子。

〔9〕

上記光電変換膜が、更に、n型半導体材料を含む、〔1〕~〔8〕のいずれかに記載の  
光電変換素子。

40

〔10〕

上記n型半導体材料が、フラレン及びその誘導体からなる群より選択されるフラレン  
類を含む、〔9〕に記載の光電変換素子。

〔11〕

上記導電性膜と上記透明導電性膜との間に、上記光電変換膜の他に1種以上の中間層を  
有する、〔1〕~〔10〕のいずれかに記載の光電変換素子。

〔12〕

〔1〕~〔11〕のいずれかに記載の光電変換素子を有する、撮像素子。

〔13〕

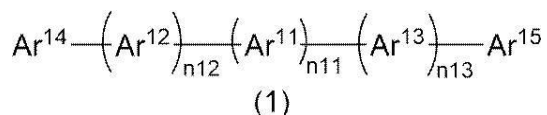
〔1〕~〔11〕のいずれかに記載の光電変換素子を有する、光センサ。

50

〔 1 4 〕

式 ( 1 ) で表される化合物。

【化 5】

式 ( 1 ) 中、 $n11$  は、1 又は 2 を表す。

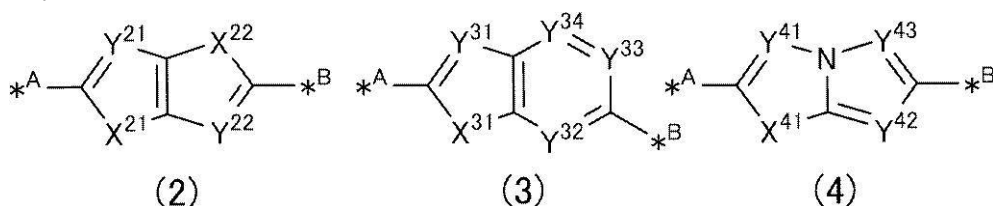
$n12$  及び  $n13$  は、それぞれ独立に、0 又は 1 を表す。ただし、 $n12$  及び  $n13$  の、少なくとも一方は 1 を表す。

$\text{Ar}^{11}$  は、チオフェン環、ベンゼン環、フラン環、及び、セレンフェン環からなる群から選択される 1 種以上の芳香環の組み合わせからなる縮合多環芳香環基を表す。ただし、上記縮合多環芳香環基が有する環の数は 3 ~ 4 個である。上記縮合多環芳香環基は置換基を有していてもよい。

$\text{Ar}^{14}$  及び  $\text{Ar}^{15}$  は、それぞれ独立に、置換基を有していてもよいアリール基、又は、置換基を有していてもよいヘテロアリール基を表す。

$\text{Ar}^{12}$  及び  $\text{Ar}^{13}$  は、それぞれ独立に、式 ( 2 ) ~ 式 ( 4 ) で表される基のいずれかを表す。

【化 6】



式 ( 2 ) ~ 式 ( 4 ) 中、\* A 及び \* B は、結合位置を表す。

式 ( 2 ) 中、 $X^{21}$  及び  $X^{22}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{21}$  及び  $Y^{22}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は - C R = を表す。R は、水素原子又は置換基を表す。ただし、 $Y^{21}$  及び  $Y^{22}$  のうち、少なくとも一方は窒素原子を表す。

式 ( 3 ) 中、 $X^{31}$  は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{31}$  ~  $Y^{34}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は - C R = を表す。R は、水素原子又は置換基を示す。

式 ( 4 ) 中、 $X^{41}$  は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $Y^{41}$  ~  $Y^{43}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は - C R = を表す。R は、水素原子又は置換基を示す。

〔 1 5 〕

上記式 ( 1 ) 中、 $\text{Ar}^{11}$  で表される基が、式 ( A 1 ) ~ 式 ( A 6 ) で表される基のいずれかである、〔 1 4 〕に記載の化合物。

10

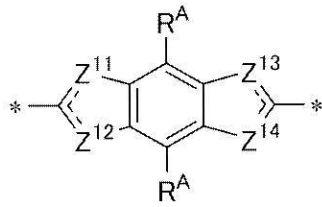
20

30

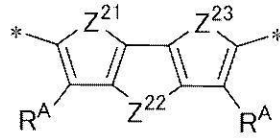
40

50

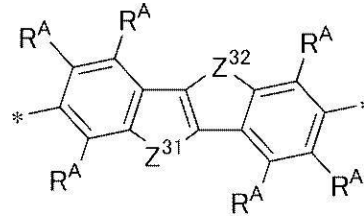
## 【化7】



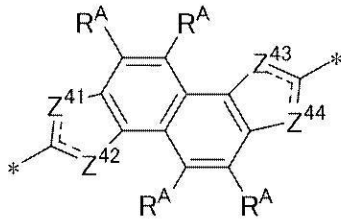
(A1)



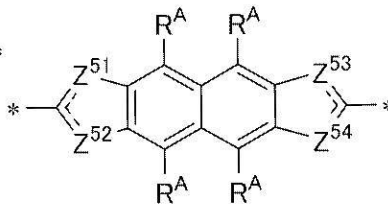
(A2)



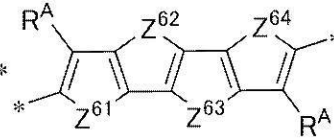
(A3)



(A4)



(A5)



(A6)

式(A1)~(A6)中、\*は、結合位置を表す。

式(A1)中、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $R$ 及び $R^A$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A2)中、 $Z^{21} \sim Z^{23}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $R^A$ は、水素原子又は置換基を表す。

式(A3)中、 $Z^{31}$ 及び $Z^{32}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $R^A$ は、水素原子又は置換基を表す。

式(A4)中、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $R$ 及び $R^A$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A5)中、 $Z^{51}$ 及び $Z^{52}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{51}$ 及び $Z^{52}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $Z^{53}$ 及び $Z^{54}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{53}$ 及び $Z^{54}$ の他方は、 $-CR=$ を表す。 $R$ 及び $R^A$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

式(A6)中、 $Z^{61} \sim Z^{64}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表す。 $R^A$ は、水素原子又は置換基を表す。

〔16〕

上記式(A1)中、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

$Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

上記式(A2)中、 $Z^{21} \sim Z^{23}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、

上記式(A3)中、 $Z^{31}$ 及び $Z^{32}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、

上記式(A4)中、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{41}$ 及び $Z^{42}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

$Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{43}$ 及び $Z^{44}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

上記式(A5)中、 $Z^{51}$ 及び $Z^{52}$ の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{51}$ 及び $Z^{52}$ の他方は、 $-CR=$ を表し、

10

20

30

40

50

Z<sup>53</sup>及びZ<sup>54</sup>の一方は、硫黄原子又は酸素原子を表し、Z<sup>53</sup>及びZ<sup>54</sup>の他方は、  
-CR=を表し、

上記式(A6)中、Z<sup>61</sup>~Z<sup>64</sup>は、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表す、  
〔15〕に記載の化合物。

〔17〕

上記式(1)中、n<sup>11</sup>が1であり、Ar<sup>11</sup>が上記式(A5)で表される基である、  
〔15〕又は〔16〕に記載の化合物。

〔18〕

上記式(2)中、X<sup>21</sup>及びX<sup>22</sup>が、それぞれ独立に、硫黄原子又は酸素原子を表し、

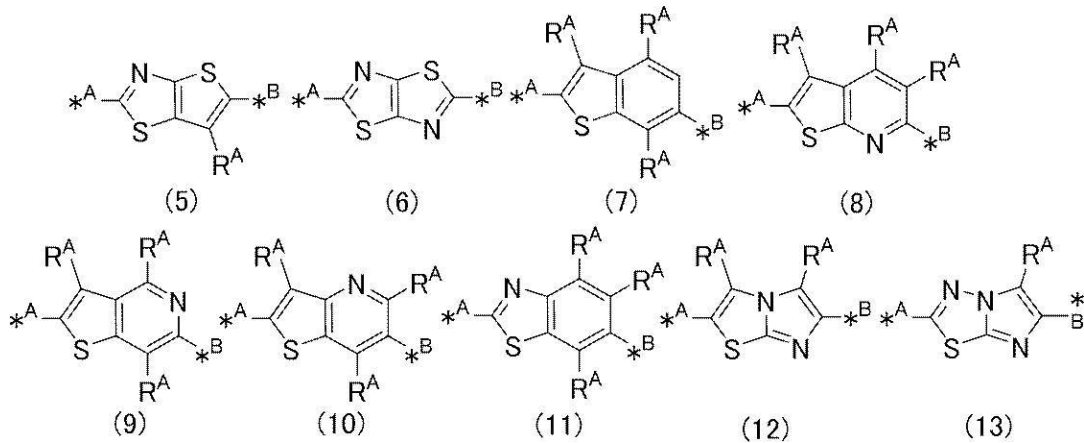
上記式(3)中、X<sup>31</sup>が、硫黄原子又は酸素原子を表し、

上記式(4)中、X<sup>41</sup>が、硫黄原子又は酸素原子を表す、〔14〕~〔17〕のいづ  
れかに記載の化合物。

〔19〕

上記式(1)中、Ar<sup>12</sup>及びAr<sup>13</sup>が、それぞれ独立に、式(5)~式(13)で表  
される基のいずれかを表す、〔14〕~〔18〕のいずれかに記載の化合物。

【化8】



式(5)~式(13)中、\*A及び\*Bは、結合位置を表す。

RAは、水素原子又は置換基を表す。

〔20〕

上記式(1)で表される化合物の分子量が550~1200である、〔14〕~〔19〕  
のいずれかに記載の化合物。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、光電変換効率に優れる光電変換素子を提供できる。

また、本発明によれば、上記光電変換素子に関する、撮像素子、光センサ、及び、化合  
物を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】光電変換素子の一構成例を示す断面模式図である。

【図2】光電変換素子の一構成例を示す断面模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に、本発明の光電変換素子の好適実施形態について説明する。

【0011】

本明細書において、ハロゲン原子としては、例えば、フッ素原子、塩素原子、臭素原子  
、及び、ヨウ素原子が挙げられる。

【0012】

本明細書において、化学構造を示す一つの式(一般式)中に、基の種類、又は、数を示

10

20

30

40

50

す同一の記号が複数存在する場合、特段の断りがない限り、それらの複数存在する同一の記号同士の内容はそれぞれ独立であり、同一の記号同士の内容は同一でもよいし異なってもよい。

【0013】

また、本明細書において、「～」を用いて表される数値範囲は、「～」前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む範囲を意味する。

【0014】

本明細書において、水素原子は、軽水素原子（通常の水素原子）であってもよいし、重水素原子（二重水素原子等）であってもよい。

【0015】

[光電変換素子]

本発明の光電変換素子は、導電性膜、光電変換膜、及び、透明導電性膜をこの順で有する光電変換素子であって、光電変換膜が、式(1)で表される化合物（以下、「特定化合物」とも言う）を含む。

本発明の光電変換素子がこのような構成をとることで上記課題を解決できるメカニズムは必ずしも明らかではないが、本発明者らは以下のように推測している。

すなわち、特定化合物は、ドナーとして作用する縮合多環芳香環基（ $Ar^{11}$ ）である母核と、アクセプターとして作用するアリール基又はヘテロアリール基（ $Ar^{14}$ 及び/又は $Ar^{15}$ ）との間に、所定の連結基（ $Ar^{12}$ 及び/又は $Ar^{13}$ ）を有する。上記連結基は、所定の5員環同士、又は、5員環と6員環とが縮環した構造の縮合多環芳香族複素環基であり、ドナー及び/又はアクセプターに対する結合位置も所定の位置になるように規定されている。

このようにドナーがアクセプターによって挟まれており、更に、上記ドナーと上記アクセプターとの間に上述のような所定の連結基を有していることで、特定化合物は、特に波長400～550nmの光の吸収性が良好になっている。また、特定化合物が上記のような構造を有することで、特定化合物内、特定化合物同士、又は、特定化合物と他の成分との間での電荷輸送性が良好となり、光電変換素子の光電変換効率（特に波長400～550nmの光に対する光電変換効率）が向上している、と推測している。

更に、本発明の光電変換素子は、光電変換効率の電界強度依存性も抑制されている。これは、特定化合物が上記連結基を有することで、特定化合物が光電変換膜中で電荷輸送に好ましいパッキング構造をとることができ、低電圧下でも良好な電荷輸送性を維持できることに基づく、と推測している。

以下、光電変換素子の光電変換効率がより優れること、及び/又は、光電変換効率の電界強度依存性がより抑制されていることを、「本発明の効果がより優れる」とも言う。

【0016】

図1に、本発明の光電変換素子の一実施形態の断面模式図を示す。

図1に示す光電変換素子10aは、下部電極として機能する導電性膜（以下、下部電極とも記す）11と、電子ブロッキング膜16Aと、後述する特定化合物を含む光電変換膜12と、上部電極として機能する透明導電性膜（以下、上部電極とも記す）15とがこの順に積層された構成を有する。

図2に別の光電変換素子の構成例を示す。図2に示す光電変換素子10bは、下部電極11上に、電子ブロッキング膜16Aと、光電変換膜12と、正孔ブロッキング膜16Bと、上部電極15とがこの順に積層された構成を有する。なお、図1及び図2中の電子ブロッキング膜16A、光電変換膜12、及び、正孔ブロッキング膜16Bの積層順は、用途及び特性に応じて、適宜変更してもよい。

【0017】

光電変換素子10a（又は10b）では、上部電極15を介して光電変換膜12に光が入射されることが好ましい。

また、光電変換素子10a（又は10b）を使用する場合には、電圧を印加できる。この場合、下部電極11と上部電極15とが一对の電極をなし、この一对の電極間に、1×

10

20

30

40

50

$10^{-5} \sim 1 \times 10^7 \text{ V/cm}$ の電圧を印加することが好ましい。性能及び消費電力の点から、印加される電圧は、 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^7 \text{ V/cm}$ がより好ましく、 $1 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^6 \text{ V/cm}$ が更に好ましい。

なお、電圧印加方法については、図1及び図2において、電子ブロッキング膜16A側が陰極となり、光電変換膜12側が陽極となるように印加することが好ましい。光電変換素子10a（又は10b）を光センサとして使用した場合、また、撮像素子に組み込んだ場合も、同様の方法により電圧を印加できる。

後段で、詳述するように、光電変換素子10a（又は10b）は撮像素子用途に好適に適用できる。

【0018】

以下に、本発明の光電変換素子を構成する各層の形態について詳述する。

【0019】

〔光電変換膜〕

光電変換膜は、特定化合物を含む膜である。

以下、特定化合物について詳述する。

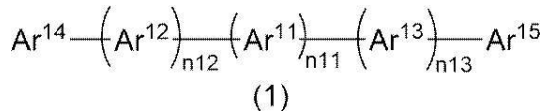
【0020】

<式(1)で表される化合物(特定化合物)>

特定化合物は、下記式(1)で表される化合物である。

【0021】

【化9】



【0022】

式(1)中、n11は、1又は2を表す。

中でも、本発明の効果がより優れる点から、 $\text{Ar}^{11}$ が4個の環によって構成される縮合多環芳香環基である場合（例えば、 $\text{Ar}^{11}$ が後述の式(A3)～式(A6)で表される基の場合）、n11は1であることが好ましい。

【0023】

式(1)中、n12及びn13は、それぞれ独立に、0又は1を表す。ただし、n12及びn13の、少なくとも一方は1を表す。

n12及びn13は、両方とも1であることが好ましい。

【0024】

式(1)中、 $\text{Ar}^{11}$ は、チオフェン環、ベンゼン環、フラン環、及び、セレノフェン環からなる群から選択される1種以上（例えば1～4種）の芳香環の組み合わせからなる縮合多環芳香環基を表す。

中でも、 $\text{Ar}^{11}$ は、チオフェン環、ベンゼン環、及び、フラン環からなる群から選択される1種以上（例えば1～3種）の芳香環の組み合わせからなる縮合多環芳香環基であることが好ましい。

ただし、上記縮合多環芳香環基が有する環の数は3～4個である。

上記縮合多環芳香環基を構成する3～4個の環のうち、少なくとも1個はベンゼン環以外が好ましく、少なくとも2個はベンゼン環以外が好ましい。

上記縮合多環芳香環基は、少なくとも1個（例えば1～4個、好ましくは2個）の、チオフェン環又はフラン環を含むことも好ましく、チオフェン環を含むことがより好ましい。

上記縮合多環芳香環基は置換基を有していてもよいし、有していなくてもよい。上記置換基としては、ハロゲン原子（フッ素原子等）が好ましい。

上記縮合多環芳香環基が有する置換基の数は、例えば、1～6である。

n11が2を表す場合、2つの $\text{Ar}^{11}$ が、同一であることも好ましい。

【0025】

10

20

30

40

50

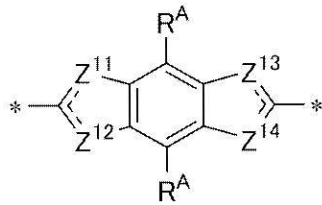
中でも、式(1)中の $Ar^{11}$ は、以下の式(A1)~式(A6)で表される基のいずれかであることが好ましく、式(A3)~式(A6)のいずれかで表される基のいずれかであることがより好ましく、式(A5)で表される基であることが更に好ましい。

中でも、式(1)中、 $n_{11}$ が1であり、 $Ar^{11}$ が式(A5)で表される基であることが特に好ましい。

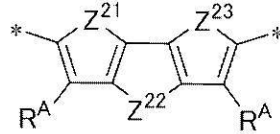
また、式(1)中の $(Ar^{11})_{n_{11}}$ が、式(A1)~式(A6)中の同じ式で表される基同士が連結した基であることも好ましく、例えば、2個の式(A1)で表される基同士が連結した基であることも好ましい。

【0026】

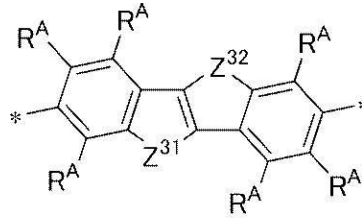
【化10】



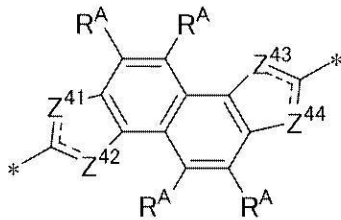
(A1)



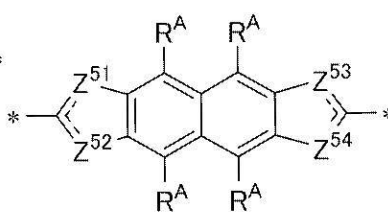
(A2)



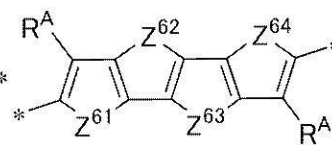
(A3)



(A4)



(A5)



(A6)

【0027】

式(A1)~(A6)中、\*は、結合位置を表す。

【0028】

式(A1)中、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の一方は、硫黄原子(-S-)、酸素原子(-O-)、又は、セレン原子(-Se-)を表し、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の他方は、-CR=を表す。 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の一方が硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{11}$ 及び $Z^{12}$ の他方が-CR=を表すことが好ましい。

$Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の他方は、-CR=を表す。 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の一方が硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{13}$ 及び $Z^{14}$ の他方が-CR=を表すことが好ましい。

R及び $R^A$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、水素原子が好ましい。

R及び $R^A$ で表され得る置換基は、ハロゲン原子(フッ素原子等)又は更にハロゲン原子を有していてもよいアルキル基(例えば炭素数1~2)が好ましく、ハロゲン原子(フッ素原子等)がより好ましい。

【0029】

式(A2)中、 $Z^{21}$ ~ $Z^{23}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、硫黄原子又は酸素原子を表すことが好ましい。

$R^A$ は、水素原子又は置換基を表し、水素原子が好ましい。

$R^A$ で表され得る置換基は、ハロゲン原子(フッ素原子等)が好ましい。

【0030】

式(A3)中、 $Z^{31}$ 及び $Z^{32}$ は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、硫黄原子又は酸素原子を表すことが好ましい。

$R^A$ は、水素原子又は置換基を表し、水素原子が好ましい。

$R^A$ で表され得る置換基は、ハロゲン原子(フッ素原子等)が好ましい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 1 】

式 ( A 4 ) 中、 $Z^{41}$  及び  $Z^{42}$  の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{41}$  及び  $Z^{42}$  の他方は、 $-CR=$  を表す。 $Z^{41}$  及び  $Z^{42}$  の一方が硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{41}$  及び  $Z^{42}$  の他方が  $-CR=$  を表すことが好ましい。

$Z^{43}$  及び  $Z^{44}$  の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{43}$  及び  $Z^{44}$  の他方は、 $-CR=$  を表す。 $Z^{43}$  及び  $Z^{44}$  の一方が硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{43}$  及び  $Z^{44}$  の他方が  $-CR=$  を表すことが好ましい。

$R$  及び  $R^A$  は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、水素原子が好ましい。

$R$  及び  $R^A$  で表され得る置換基は、ハロゲン原子 ( フッ素原子等 ) が好ましい。

## 【 0 0 3 2 】

式 ( A 5 ) 中、 $Z^{51}$  及び  $Z^{52}$  の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{51}$  及び  $Z^{52}$  の他方は、 $-CR=$  を表す。 $Z^{51}$  及び  $Z^{52}$  の一方が硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{51}$  及び  $Z^{52}$  の他方が  $-CR=$  を表すことが好ましい。

$Z^{53}$  及び  $Z^{54}$  の一方は、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、 $Z^{53}$  及び  $Z^{54}$  の他方は、 $-CR=$  を表す。 $Z^{53}$  及び  $Z^{54}$  の一方が硫黄原子又は酸素原子を表し、 $Z^{53}$  及び  $Z^{54}$  の他方が  $-CR=$  を表すことが好ましい。

$R$  及び  $R^A$  は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、水素原子が好ましい。

$R$  及び  $R^A$  で表され得る置換基は、ハロゲン原子 ( フッ素原子等 ) が好ましい。

## 【 0 0 3 3 】

式 ( A 6 ) 中、 $Z^{61} \sim Z^{64}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、硫黄原子又は酸素原子を表すことが好ましい。

$R^A$  は、水素原子又は置換基を表す。

$R^A$  で表され得る置換基は、ハロゲン原子 ( フッ素原子等 ) が好ましい。

## 【 0 0 3 4 】

式 ( 1 ) 中、 $Ar^{14}$  及び  $Ar^{15}$  は、それぞれ独立に、置換基を有していてもよいアリール基、又は、置換基を有していてもよいヘテロアリール基を表す。

上記アリール基は、単環でも多環でもよく、環員原子数は 6 ~ 15 が好ましい。上記アリール基は、フェニル基、ナフチル基、又は、アントラセニル基が好ましく、フェニル基がより好ましい。

上記ヘテロアリール基は、単環でも多環でもよく、環員原子数は 5 ~ 15 が好ましい。上記アリール基が有するヘテロ原子の数は 1 ~ 5 が好ましく、1 がより好ましい。上記ヘテロ原子としては、例えば、窒素原子、酸素原子、硫黄原子、及び、セレン原子が挙げられる。上記ヘテロアリール基は、ピリジニル基、ピラジリル基、ピリミジリル基、ピリダジリル基、トリアジリル基、キノリル基、キノキサリル基、キナゾリル基、フタラジリル基、シンノリル基、イソキノリル基、プテリジリル基、アクリジリル基、フェナジリル基、フェナントロリル基、テトラゾリル基、ピラゾリル基、イミダゾリル基、又は、チアゾリル基が好ましい。

上記アリール基及び上記ヘテロアリール基が有してもよい置換基としては、更に置換基を有してもよいアルキル基、又は、ハロゲン原子 ( フッ素原子等 ) が好ましい。

上記アルキル基は、直鎖状でも分岐鎖状でもよく、炭素数は 1 ~ 3 が好ましい。上記アルキル基が更に有してもよい置換基としては、例えば、ハロゲン原子 ( フッ素原子等 ) が挙げられる。例えば、上記アルキル基は、ハロゲン化アルキル基 ( フルオロアルキル基等 ) になっていることが好ましく、パーハロゲン化アルキル基 ( パーフルオロアルキル基等 ) になっていることがより好ましい。

中でも、 $Ar^{14}$  及び  $Ar^{15}$  は、それぞれ独立に、置換基としてハロゲン化アルキル基若しくはハロゲン原子を有するアリール基、又は、置換基を有していてもよいヘテロアリール基が好ましい。

$Ar^{14}$  及び  $Ar^{15}$  は、それぞれ同一でも異なってもよく、同一であることが好ましい。

## 【 0 0 3 5 】

式 ( 1 ) 中、 $Ar^{12}$  及び  $Ar^{13}$  は、それぞれ独立に、式 ( 2 ) ~ 式 ( 4 ) で表される

10

20

30

40

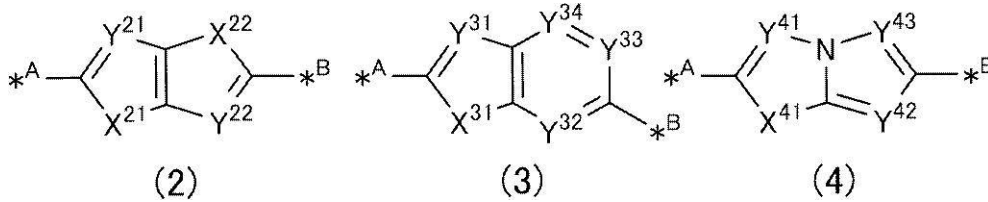
50

基のいずれかを表す。

$Ar^{12}$  及び  $Ar^{13}$  は、それぞれ同一でも異なっていてもよく、同一であることが好ましい。

【0036】

【化11】



10

【0037】

式(2)~式(4)中、 $*A$  及び  $*B$  は、結合位置を表す。

式(2)~式(4)において、 $*A$  と  $*B$  とは、 $*A$  が  $(Ar^{11})_{n11}$  側の結合位置であってもよいし、 $*B$  が  $(Ar^{11})_{n11}$  側の結合位置であってもよい。

中でも、式(3)においては、 $*A$  が、 $(Ar^{11})_{n11}$  側の結合位置であることが好ましい。

【0038】

式(2)中、 $X^{21}$  及び  $X^{22}$  は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、又は、セレン原子を表し、硫黄原子又は酸素原子が好ましい。

20

$Y^{21}$  及び  $Y^{22}$  は、それぞれ独立に、窒素原子 ( $-N=$ ) 又は  $-CR=$  を表す。Rは、水素原子又は置換基を表す。

$Y^{21}$  及び  $Y^{22}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は  $-CH=$  が好ましい。

Rで表され得る置換基は、ハロゲン原子(フッ素原子等)が好ましい。

ただし、 $Y^{21}$  及び  $Y^{22}$  のうち、少なくとも一方は窒素原子を表す。

$Y^{21}$  及び  $Y^{22}$  のうち、 $Y^{21}$  のみが窒素原子でもよく、 $Y^{22}$  のみが窒素原子でもよく、両方が窒素原子でもよい。

【0039】

式(3)中、 $X^{31}$  は、酸素原子、硫黄原子、又は、セレン原子を表し、硫黄原子又は酸素原子が好ましい。

30

$Y^{31}$  ~  $Y^{34}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は  $-CR=$  を表す。Rは、水素原子又は置換基を示す。

$Y^{31}$  ~  $Y^{34}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は  $-CH=$  が好ましい。

Rで表され得る置換基は、ハロゲン原子(フッ素原子等)が好ましい。

$Y^{31}$  ~  $Y^{34}$  のうち、0~4個が窒素原子であってよく、0又は1個が窒素原子であることが好ましく、1個が窒素原子であることがより好ましい。

【0040】

式(4)中、 $X^{41}$  は、酸素原子、硫黄原子、又は、セレン原子を表し、硫黄原子又は酸素原子が好ましい。

40

$Y^{41}$  ~  $Y^{43}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は  $-CR=$  を表す。Rは、水素原子又は置換基を示す。

$Y^{41}$  ~  $Y^{43}$  は、それぞれ独立に、窒素原子又は  $-CH=$  が好ましい。

Rで表され得る置換基は、ハロゲン原子(フッ素原子等)が好ましい。

$Y^{41}$  ~  $Y^{43}$  のうち、0~3個が窒素原子であってよく、1又は2個が窒素原子であることが好ましい。

【0041】

$Ar^{12}$  及び  $Ar^{13}$  は、それぞれ独立に、式(5)~式(13)で表される基のいずれかを表すことが好ましく、式(5)、式(6)、式(8)~式(13)で表される基のいずれかを表すことがより好ましい。

中でも、 $Ar^{11}$  が式(A5)で表される基であり、かつ、 $Ar^{12}$  及び  $Ar^{13}$  がそれ

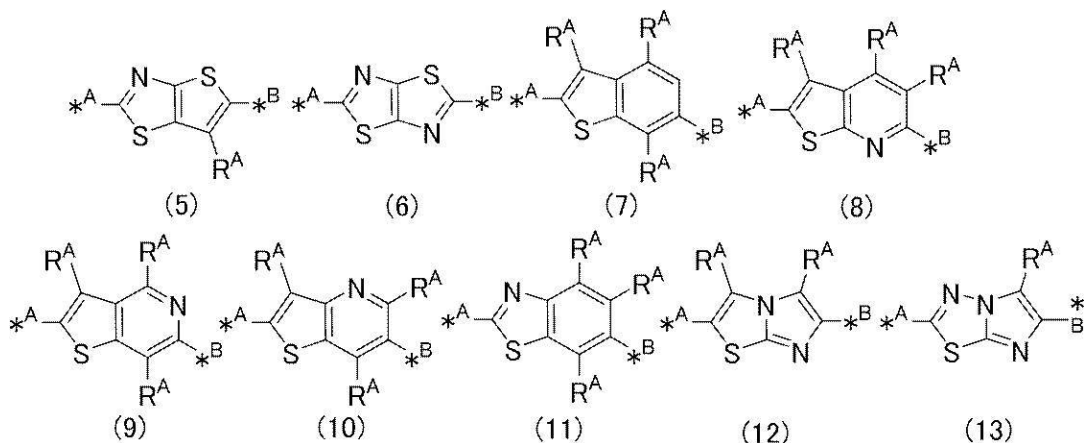
50

それぞれ独立に、式(5)、式(6)、式(8)~式(13)で表される基のいずれかであることが好ましい。

なお、式(5)~式(6)で表される基は式(2)で表される基の好適形態であり、式(7)~式(11)で表される基は式(3)で表される基の好適形態であり、式(12)~式(13)で表される基は式(4)で表される基の好適形態である。

【0042】

【化12】



10

【0043】

式(5)~式(13)中、 $*A$ 及び $*B$ は、結合位置を表す。

式(5)~式(13)において、 $*A$ と $*B$ とは、 $*A$ が $(Ar^{11})_{n11}$ 側の結合位置であってもよいし、 $*B$ が $(Ar^{11})_{n11}$ 側の結合位置であってもよい。

中でも、式(7)~式(11)、において、 $*A$ が $(Ar^{11})_{n11}$ 側の結合位置であることが好ましい。

$R^A$ は、水素原子又は置換基を表し、水素原子が好ましい。

$R^A$ で表され得る置換基は、ハロゲン原子(フッ素原子等)が好ましい。

【0044】

以下に、特定化合物の具体例を示す。

特定化合物の具体例を示す以下の各構造式において、 $Ar^{14}$ ~ $Ar^{15}$ 、 $n12$ 、及び  $n13$ の各基がとり得る形態の組み合わせの例は、後段の表に示す。

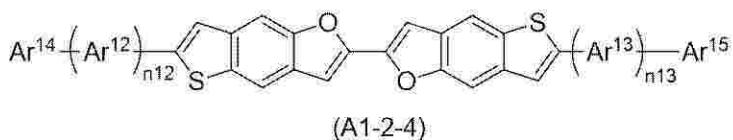
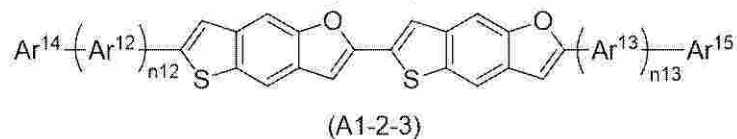
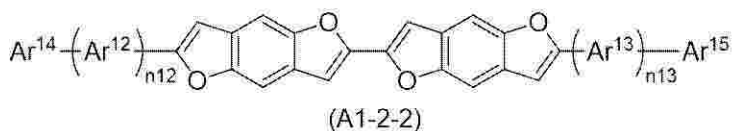
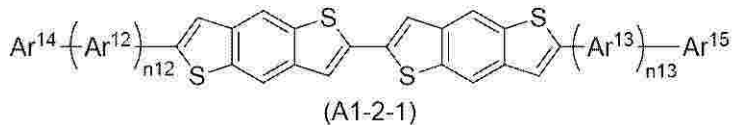
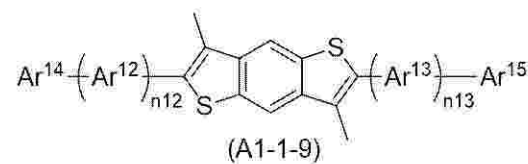
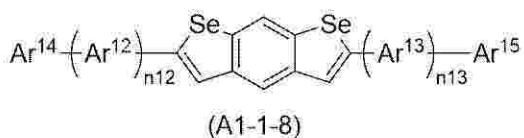
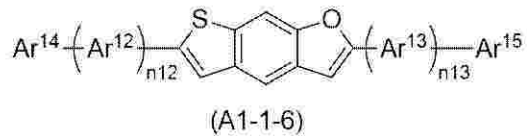
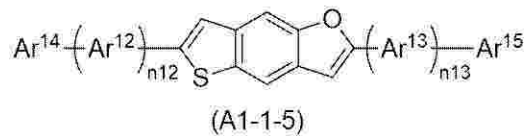
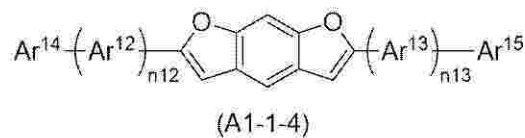
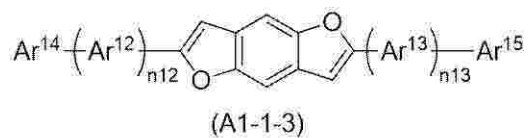
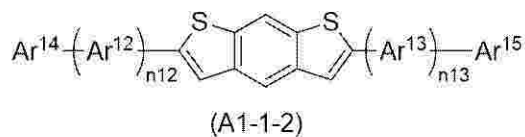
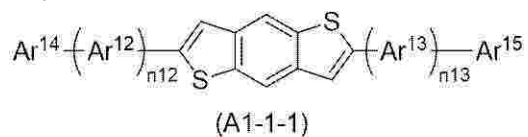
30

【0045】

40

50

## 【化 1 3】



## 【 0 0 4 6 】

10

20

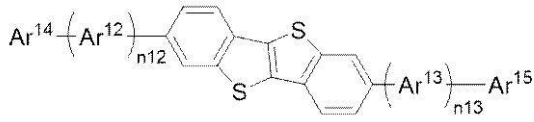
30

40

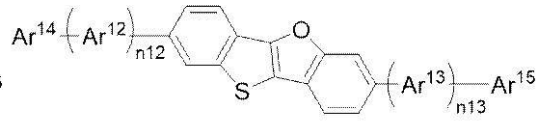
50



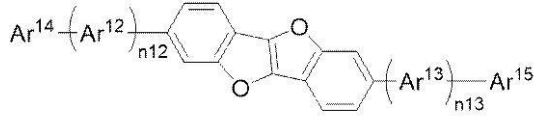
【化 1 5】



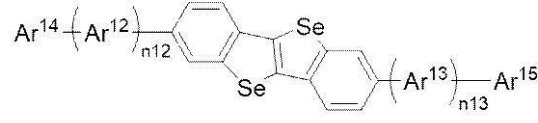
(A3-1-1)



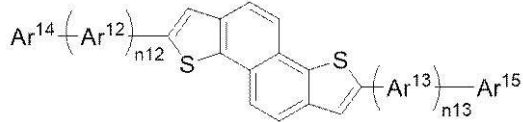
(A3-1-2)



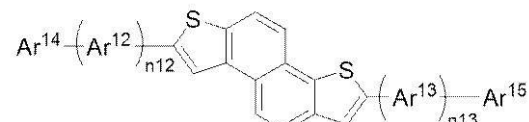
(A3-1-3)



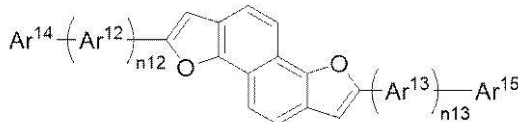
(A3-1-4)



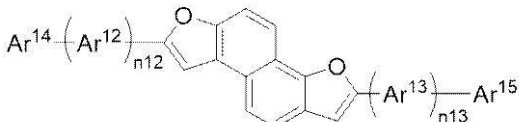
(A4-1-1)



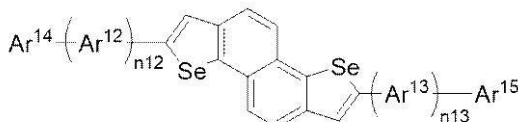
(A4-1-2)



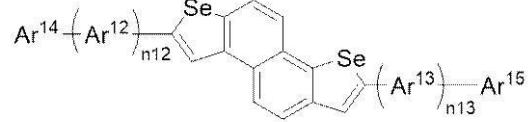
(A4-1-3)



(A4-1-4)



(A4-1-5)



(A4-1-6)

【 0 0 4 8 】

10

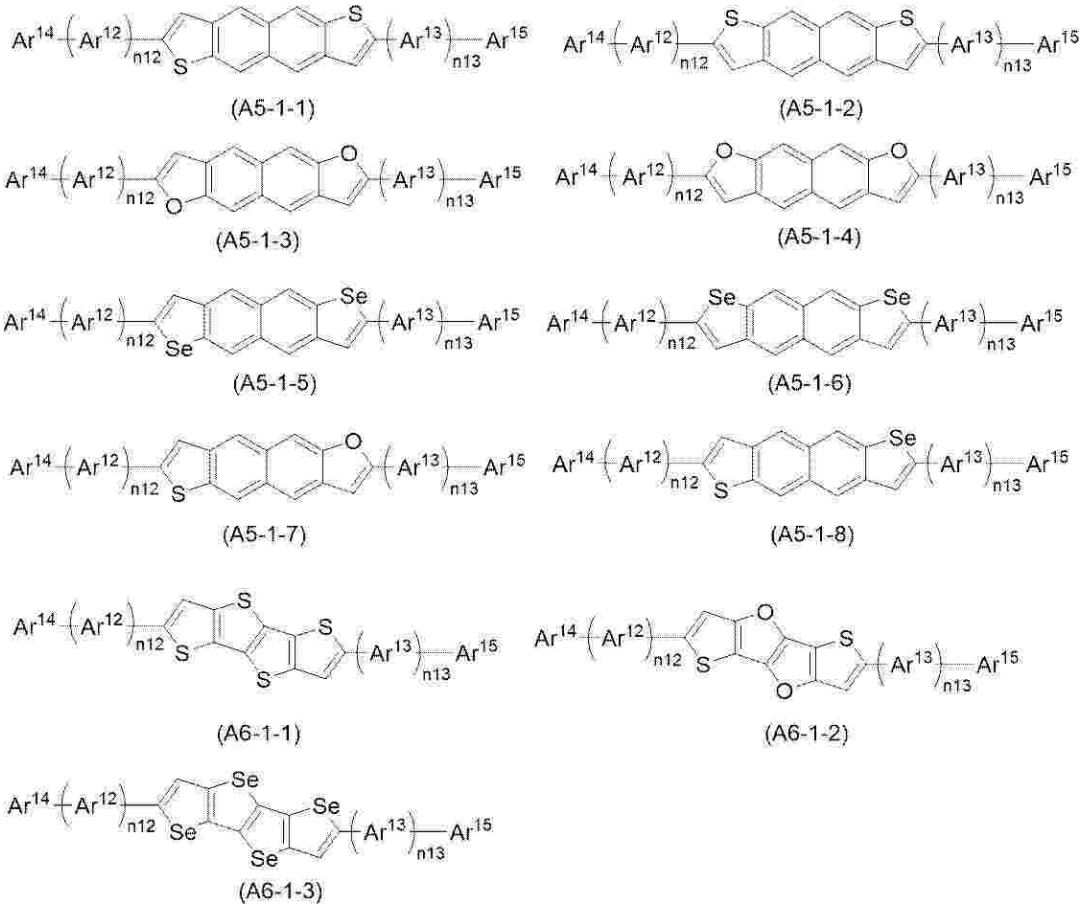
20

30

40

50

## 【化 1 6】



10

20

## 【0049】

上記各構造式における、 $Ar^{14} \sim Ar^{15}$ 、 $n_{12}$ 、及び、 $n_{13}$ の各基又は各数値がとり得る形態の組み合わせの例は、以下の表のとおりである。

下記表において、\*は結合位置を示し、Phはフェニル基を示す。

下記表において、「 $Ar^{12}$ 」欄に示される基の左側の結合位置(\*)は $Ar^{14}$ 側の結合位置であり、右側の結合位置(\*)は中心側(式(1)における $(Ar^{11})_{n_{11}}$ に相当する基の側)の結合位置である。「 $Ar^{13}$ 」欄に示される基の右側の結合位置(\*)は $Ar^{15}$ 側の結合位置であり、左側の結合位置(\*)は中心側(式(1)における $(Ar^{11})_{n_{11}}$ に相当する基の側)の結合位置である。

30

## 【0050】

40

50

【表 1】

No	n12	Ar <sup>12</sup>	n13	Ar <sup>13</sup>	Ar <sup>14</sup>	Ar <sup>15</sup>
1	1		1		Ph	Ph
2	2		1		Ph	Ph
3	1		1		Ph	Ph
4	1		1		Ph	Ph
5	1		1		Ph	Ph
6	1		1		Ph	Ph
7	1		1		Ph	Ph
8	1		1		Ph	Ph
9	1		1		Ph	Ph
10	1		1		Ph	Ph
11	1		1			
12	1		1			
13	1		1			
14	1		1			
15	1		1			
16	1		1			

10

20

30

40

【 0 0 5 1 】

50

【表 2】

No	n12	Ar <sup>12</sup>	n13	Ar <sup>13</sup>	Ar <sup>14</sup>	Ar <sup>15</sup>
17	1		1			
18	1		1			
19	1		1			
20	1		1			
21	1		1			
22	1		1			
23	1		1			
24	1		1		Ph	Ph
25	1		1		Ph	Ph
26	1		1		Ph	Ph
27	1		1		Ph	Ph
28	1		1		Ph	Ph
29	1		1		Ph	Ph
30	1		1		Ph	Ph
31	1		1		Ph	Ph

10

20

30

40

【 0 0 5 2 】

【表 3】

No	n12	Ar <sup>12</sup>	n13	Ar <sup>13</sup>	Ar <sup>14</sup>	Ar <sup>15</sup>
32	1		1			
33	1		1			
34	1		1			
35	1		1			
36	1		1			
37	1		1			
38	1		1			
39	1		1			
40	1		1		Ph	Ph
41	1		1		Ph	Ph
42	1		1		Ph	Ph
43	1		1		Ph	Ph
44	1		1		Ph	Ph
45	1		1		Ph	Ph
46	1		1		Ph	Ph
47	1		1			

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

【表 4】

No	n12	Ar <sup>12</sup>	n13	Ar <sup>13</sup>	Ar <sup>14</sup>	Ar <sup>15</sup>
48	1		1			
49	1		1			
50	1		1			
51	1		1			
52	1		1			
53	1		1		Ph	Ph
54	1		1		Ph	Ph
55	1		1		Ph	Ph
56	1		1		Ph	Ph
57	1		1			
58	1		1			
59	1		1			
60	1		1			
61	1		1			
62	1		1			
63	1		1		Ph	Ph
64	1		1		Ph	Ph
65	1		1		Ph	Ph

10

20

30

40

## 【0054】

特定化合物の分子量は特に制限されず、550～1200が好ましく、600～900がより好ましい。分子量が1200以下であれば、蒸着温度が高くならず、化合物の分解が起こりにくい。分子量が550以上であれば、蒸着膜のガラス転移点が低くならず、光電変換素子の耐熱性が向上する。

## 【0055】

特定化合物は、撮像素子、光センサ、又は、光電池に用いる光電変換膜の材料として特に有用である。また、特定化合物は、着色材料、液晶材料、有機半導体材料、電荷輸送材料、医薬材料、及び、蛍光診断薬材料としても使用できる。

50

## 【 0 0 5 6 】

特定化合物は、後述の n 型半導体材料とのエネルギー準位のマッチングの点で、単独膜でのイオン化ポテンシャルが - 5 . 0 ~ - 6 . 0 e V である化合物であることが好ましい。

## 【 0 0 5 7 】

特定化合物の極大吸収波長は特に制限されず、例えば、波長 3 5 0 ~ 5 5 0 n m の範囲にあることが好ましく、波長 4 0 0 ~ 5 5 0 n m の範囲にあることがより好ましい。

なお、上記極大吸収波長は、特定化合物の吸収スペクトルを吸光度が 0 . 5 ~ 1 になる程度の濃度に調整して溶液状態（溶剤：クロロホルム）で測定した値である。ただし、特定化合物がクロロホルムに溶解しない場合は、特定化合物を蒸着し、膜状態にした特定化合物を用いて測定した値を特定化合物の極大吸収波長とする。

10

## 【 0 0 5 8 】

光電変換膜の極大吸収波長は特に制限されず、例えば、波長 3 0 0 ~ 7 0 0 n m の範囲にあることが好ましく、波長 4 0 0 ~ 7 0 0 n m の範囲にあることがより好ましい。

## 【 0 0 5 9 】

光電変換素子の応答性の点から、光電変換膜中の特定化合物の含有量（= 特定化合物の単層換算での膜厚 / 光電変換膜の膜厚 × 1 0 0 ）は、1 5 ~ 7 5 体積 % が好ましく、2 0 ~ 6 0 体積 % がより好ましく、2 5 ~ 4 0 体積 % が更に好ましい。

特定化合物は 1 種単独で使用してもよく、2 種以上使用してもよい。

## 【 0 0 6 0 】

< 色素 >

20

光電変換膜は、上述した特定化合物以外の他の成分として、色素を含むことも好ましい。

上記色素は、有機色素が好ましい。

上記色素は、例えば、シアニン色素、スチリル色素、ヘミシアニン色素、メロシアニン色素（ゼロメチンメロシアニン（シンプルメロシアニン）を含む）、ロダシアニン色素、アロポーラー色素、オキソノール色素、ヘミオキソノール色素、スクアリウム色素、クロコニウム色素、アザメチン色素、クマリン色素、アリーリデン色素、アントラキノン色素、トリフェニルメタン色素、アゾ色素、アゾメチン色素、メタロセン色素、フルオレノン色素、フルギド色素、ペリレン色素、フェナジン色素、フェノチアジン色素、キノン色素、ジフェニルメタン色素、ポリエン色素、アクリジン色素、アクリジノン色素、キノキサリン色素、ジフェニルアミン色素、キノフタロン色素、フェノキサジン色素、フタロペリレン色素、ジオキサニン色素、ポルフィリン色素、クロロフィル色素、フタロシアニン色素、サブフタロシアニン色素、金属錯体色素、特開 2 0 1 4 - 8 2 4 8 3 号公報の段落 [ 0 0 8 3 ] ~ [ 0 0 8 9 ] に記載の化合物、特開 2 0 0 9 - 1 6 7 3 4 8 号公報の段落 [ 0 0 2 9 ] ~ [ 0 0 3 3 ] に記載の化合物、特開 2 0 1 2 - 7 7 0 6 4 号公報の段落 [ 0 1 9 7 ] ~ [ 0 2 2 7 ] に記載の化合物、W O 2 0 1 8 - 1 0 5 2 6 9 号公報の段落 [ 0 0 3 5 ] ~ [ 0 0 3 8 ] に記載の化合物、W O 2 0 1 8 - 1 8 6 3 8 9 号公報の段落 [ 0 0 4 1 ] ~ [ 0 0 4 3 ] に記載の化合物、W O 2 0 1 8 - 1 8 6 3 9 7 号公報の段落 [ 0 0 5 9 ] ~ [ 0 0 6 2 ] に記載の化合物、W O 2 0 1 9 - 0 0 9 2 4 9 号公報の段落 [ 0 0 7 8 ] ~ [ 0 0 8 3 ] に記載の化合物、W O 2 0 1 9 - 0 4 9 9 4 6 号公報の段落 [ 0 0 5 4 ] ~ [ 0 0 5 6 ] に記載の化合物、W O 2 0 1 9 - 0 5 4 3 2 7 号公報の段落 [ 0 0 5 9 ] ~ [ 0 0 6 3 ] に記載の化合物、W O 2 0 1 9 - 0 9 8 1 6 1 号公報の段落 [ 0 0 8 6 ] ~ [ 0 0 8 7 ] に記載の化合物、及び、W O 2 0 2 0 - 0 1 3 2 4 6 号公報の段落 [ 0 0 8 5 ] ~ [ 0 1 1 4 ] に記載の化合物が挙げられる。

30

40

## 【 0 0 6 1 】

光電変換膜中における、特定化合物と色素との合計の含有量に対する、色素の含有量（=（色素の単層換算での膜厚 /（特定化合物の単層換算での膜厚 + 色素の単層換算での膜厚）× 1 0 0 ））は、1 5 ~ 7 5 体積 % が好ましく、2 0 ~ 6 0 体積 % がより好ましく、2 5 ~ 5 0 体積 % が更に好ましい。

なお、色素は、1 種単独で使用してもよく、2 種以上使用してもよい。

## 【 0 0 6 2 】

50

< n型半導体材料 >

光電変換膜は、上述した特定化合物及び色素以外の他の成分として、更に、n型半導体材料を含むことも好ましい。

n型半導体材料は、アクセプター性有機半導体材料（化合物）であり、電子を受容しやすい性質がある有機化合物をいう。

更に詳しくは、n型半導体材料は、上述の特定化合物と接触させて用いた場合に、特定化合物よりも電子親和力の大きい有機化合物が好ましい。

本明細書において、電子親和力の値として Gaussian '09 (Gaussian 社製ソフトウェア) を用いて B3LYP/6-31G(d) の計算により求められる LUMO の値の反数の値 (マイナス1を掛けた値) を用いる。

また、n型半導体材料は、上述の色素と接触させて用いた場合に、色素よりも電子親和力の大きい有機化合物であることが好ましい。

n型半導体材料の電子親和力は、3.0 ~ 5.0 eV が好ましい。

【0063】

n型半導体材料は、例えば、フラレーン及びその誘導体からなる群より選択されるフラレーン類、縮合芳香族炭素環化合物（例えば、ナフタレン誘導体、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、テトラセン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、及び、フルオランテン誘導体）；窒素原子、酸素原子、及び、硫黄原子の少なくとも1つを有する5~7員環のヘテロ環化合物（例えば、ピリジン、ピラジン、ピリミジン、ピリダジン、トリアジン、キノリン、キノキサリン、キナゾリン、フタラジン、シンノリン、イソキノリン、プテリジン、アクリジン、フェナジン、フェナントロリン、テトラゾール、ピラゾール、イミダゾール、及び、チアゾール等）；ポリアリーレン化合物；フルオレン化合物；シクロペンタジエン化合物；シリル化合物；1,4,5,8-ナフタレンテトラカルボン酸無水物；1,4,5,8-ナフタレンテトラカルボン酸無水物イミド誘導体、オキサジアゾール誘導体；アントラキノジメタン誘導体；ジフェニルキノン誘導体；バソクプロイン、バソフェナントロリン、及びこれらの誘導体；トリアゾール化合物；ジスチルアリーレン誘導体；含窒素ヘテロ環化合物を配位子として有する金属錯体；シロール化合物；ならびに、特開2006-100767号公報の段落[0056]~[0057]に記載の化合物が挙げられる。

【0064】

中でも、n型半導体材料は、フラレーン及びその誘導体からなる群より選択されるフラレーン類を含むことが好ましい。

フラレーンは、例えば、フラレーンC60、フラレーンC70、フラレーンC76、フラレーンC78、フラレーンC80、フラレーンC82、フラレーンC84、フラレーンC90、フラレーンC96、フラレーンC240、フラレーンC540、及び、ミックスドフラレーンが挙げられる。

フラレーン誘導体は、例えば、上記フラレーンに置換基が付加した化合物が挙げられる。置換基は、アルキル基、アリール基、又は、複素環基が好ましい。フラレーン誘導体は、特開2007-123707号公報に記載の化合物が好ましい。

【0065】

光電変換膜がn型半導体材料を含む場合、特定化合物と色素とn型半導体材料との合計の含有量に対する、n型半導体材料の含有量（=（n型半導体材料の単層換算での膜厚 / （特定化合物の単層換算での膜厚 + 色素の単層換算での膜厚 + n型半導体材料の単層換算での膜厚） × 100））は、15 ~ 75体積%が好ましく、20 ~ 60体積%がより好ましく、25 ~ 50体積%が更に好ましい。

なお、n型半導体材料は、1種単独で使用してもよく、2種以上使用してもよい。

【0066】

また、n型半導体材料がフラレーン類を含む場合、n型半導体材料の合計の含有量に対する、フラレーン類の含有量（=（フラレーン類の単層換算での膜厚 / 単層換算した各n型半導体材料の膜厚の合計） × 100）は、50 ~ 100体積%が好ましく、80 ~ 100

10

20

30

40

50

0 体積%がより好ましい。

なお、フラーレン類は、1種単独で使用してもよく、2種以上使用してもよい。

【0067】

n型半導体材料の分子量は、200～1200が好ましく、200～1000がより好ましい。

【0068】

光電変換膜は、実質的に、特定化合物と色素とn型半導体材料とのみから構成されることが好ましい。光電変換膜が実質的に、特定化合物と色素とn型半導体材料とのみから構成されるとは、光電変換膜全質量に対して、特定化合物と色素とn型半導体材料の合計含有量が95～100質量%であることを意味する。

10

【0069】

光電変換膜が色素を含む場合、光電変換膜は、特定化合物と色素とが混合された状態で形成される混合層であることが好ましい。

また、光電変換膜がn型半導体材料を含む場合、光電変換膜は、特定化合物とn型半導体材料とが混合された状態で形成される混合層であることが好ましい。

光電変換膜が色素及びn型半導体材料を含む場合、光電変換膜は、特定化合物と色素とn型半導体材料とが混合された状態で形成される混合層であることが好ましい。

混合層は、単一の層の中において、2種以上の材料が混合されている層である。

【0070】

特定化合物を含む光電変換膜は非発光性膜であり、有機電界発光素子(OLED: Organic Light Emitting Diode)とは異なる特徴を有する。非発光性膜とは発光量子効率が1%以下の膜を意図し、発光量子効率は0.5%以下が好ましく、0.1%以下がより好ましい。

20

【0071】

<成膜方法>

光電変換膜は、主に、乾式成膜法により成膜できる。乾式成膜法は、例えば、蒸着法(特に、真空蒸着法)、スパッタ法、イオンプレーティング法、及び、MBE(Molecular Beam Epitaxy)法等の物理気相成長法、並びに、プラズマ重合等のCVD(Chemical Vapor Deposition)法が挙げられる。なかでも、真空蒸着法が好ましい。真空蒸着法により光電変換膜を成膜する場合、真空度及び蒸着温度等の製造条件は常法に従って設定できる。

30

【0072】

光電変換膜の厚みは、10～1000nmが好ましく、50～800nmがより好ましく、50～500nmが更に好ましく、50～400nmが特に好ましい。

【0073】

〔電極(導電性膜)〕

電極(上部電極(透明導電性膜)15と下部電極(導電性膜)11)は、導電性材料から構成される。導電性材料は、金属、合金、金属酸化物、電気伝導性化合物、及びこれらの混合物等が挙げられる。

上部電極15から光が入射されるため、上部電極15は検知したい光に対し透明であることが好ましい。上部電極15を構成する材料は、例えば、アンチモン又はフッ素等をドープした酸化錫(ATO: Antimony Tin Oxide、FTO: Fluorine doped Tin Oxide)、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化インジウム錫(ITO: Indium Tin Oxide)、及び、酸化亜鉛インジウム(IZO: Indium zinc oxide)等の導電性金属酸化物;金、銀、クロム、及び、ニッケル等の金属薄膜;これらの金属と導電性金属酸化物との混合物又は積層物;ポリアニリン、ポリチオフェン、ポリピロール等の有機導電性材料;並びに、グラフェン、及び、カーボンナノチューブ等の炭素材料、等が挙げられる。なかでも、高導電性及び透明性等の点から、導電性金属酸化物が好ましい。

40

【0074】

50

通常、導電性膜をある範囲より薄くすると、急激な抵抗値の増加をもたらすが、本実施形態にかかる光電変換素子を組み込んだ固体撮像素子では、シート抵抗は、例えば100~10000 / でおく、薄膜化できる膜厚の範囲の自由度は大きい。また、上部電極（透明導電性膜）15は厚みが薄いほど吸収する光の量は少なくなり、一般に光透過率が増す。光透過率の増加は、光電変換膜での光吸収を増大させ、光電変換能を増大させるため、好ましい。薄膜化に伴う、リーク電流の抑制、薄膜の抵抗値の増大、及び、透過率の増加を考慮すると、上部電極15の膜厚は、5~100nmが好ましく、5~20nmがより好ましい。

【0075】

下部電極11は、用途に応じて、透明性を持たせる場合と、逆に透明性を持たせず光を反射させる場合とがある。下部電極11を構成する材料は、例えば、アンチモン又はフッ素等をドーブした酸化錫（ATO、FTO）、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化インジウム錫（ITO）、及び、酸化亜鉛インジウム（IZO）等の導電性金属酸化物；金、銀、クロム、ニッケル、チタン、タングステン、及び、アルミ等の金属、これらの金属の酸化物又は窒化物等の導電性化合物（一例として窒化チタン（TiN）を挙げる）；これらの金属と導電性金属酸化物との混合物又は積層物；ポリアニリン、ポリチオフェン、及び、ポリピロール、等の有機導電性材料；並びに、グラフェン、及び、カーボンナノチューブ等の炭素材料、等が挙げられる。

10

【0076】

電極を形成する方法は特に制限されず、電極材料に応じて適宜選択できる。具体的には、印刷方式、及び、コーティング方式等の湿式方式；真空蒸着法、スパッタ法、及び、イオンプレーティング法等の物理的方式；並びに、CVD、及び、プラズマCVD法等の化学的方式、等が挙げられる。

20

電極の材料がITOの場合、電子ビーム法、スパッタ法、抵抗加熱蒸着法、化学反応法（ゾル-ゲル法等）、及び、酸化インジウムスズの分散物の塗布等の方法が挙げられる。

【0077】

〔電荷ブロッキング膜：電子ブロッキング膜、正孔ブロッキング膜〕

本発明の光電変換素子は、導電性膜と透明導電性膜との間に、光電変換膜の他に1種以上の中間層を有していることも好ましい。上記中間層は、電荷ブロッキング膜が挙げられる。光電変換素子がこの膜を有することにより、得られる光電変換素子の特性（光電変換効率及び応答性等）がより優れる。電荷ブロッキング膜は、電子ブロッキング膜と正孔ブロッキング膜とが挙げられる。以下に、それぞれの膜について詳述する。

30

【0078】

<電子ブロッキング膜>

電子ブロッキング膜は、ドナー性有機半導体材料（化合物）であり、例えば、下記のp型有機半導体を使用できる。p型有機半導体は1種単独で使用してもよく、2種以上を使用してもよい。

【0079】

p型有機半導体は、例えば、トリアリールアミン化合物（例えば、N,N'-ビス（3-メチルフェニル）-（1,1'-ビフェニル）-4,4'-ジアミン（TPD）、4,4'-ビス[N-（ナフチル）-N-フェニル-アミノ]ピフェニル（-NPD）、特開2011-228614号公報の段落[0128]~[0148]に記載の化合物、特開2011-176259号公報の段落[0052]~[0063]に記載の化合物、特開2011-225544号公報の段落[0119]~[0158]に記載の化合物、特開2015-153910号公報の[0044]~[0051]に記載の化合物、及び、特開2012-94660号公報の段落[0086]~[0090]に記載の化合物等）、ピラゾリン化合物、スチリルアミン化合物、ヒドラゾン化合物、ポリシラン化合物、チオフェン化合物（例えば、チエノチオフェン誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ベンゾジチオフェン誘導体、ジチエノチオフェン誘導体、[1]ベンゾチエノ[3,2-b]チオフェン（BTBT）誘導体、チエノ[3,2-f:4,5-f']ビス[1]ベンゾチオフェ

40

50

ン(TBBT)誘導体、特開2018-14474号の段落[0031]~[0036]に記載の化合物、WO2016-194630号の段落[0043]~[0045]に記載の化合物、WO2017-159684号の段落[0025]~[0037]、[0099]~[0109]に記載の化合物、特開2017-076766号公報の段落[0029]~[0034]に記載の化合物、WO2018-207722の段落[0015]~[0025]に記載の化合物、特開2019-54228の段落[0045]~[0053]に記載の化合物、WO2019-058995の段落[0045]~[0055]に記載の化合物、WO2019-081416の段落[0063]~[0089]に記載の化合物、特開2019-80052の段落[0033]~[0036]に記載の化合物、WO2019-054125の段落[0044]~[0054]に記載の化合物、WO2019-093188の段落[0041]~[0046]に記載の化合物、等)、シアニン化合物、オキソノール化合物、ポリアミン化合物、インドール化合物、ピロール化合物、ピラゾール化合物、ポリアリール化合物、縮合芳香族炭素環化合物(例えば、ナフタレン誘導体、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、テトラセン誘導体、ペンタセン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、及び、フルオランテン誘導体)、ポルフィリン化合物、フタロシアニン化合物、トリアゾール化合物、オキサジアゾール化合物、イミダゾール化合物、ポリアリールアルカン化合物、ピラゾロン化合物、アミノ置換カルコン化合物、オキサゾール化合物、フルオレノン化合物、シラザン化合物、並びに、含窒素ヘテロ環化合物を配位子として有する金属錯体が挙げられる。

10

p型有機半導体は、n型半導体材料よりもイオン化ポテンシャルが小さい化合物が挙げられ、この条件を満たせば、上述したような色素も使用し得る。

20

#### 【0080】

また、電子ブロッキング膜として、高分子材料も使用できる。

高分子材料は、例えば、フェニレンピニレン、フルオレン、カルバゾール、インドール、ピレン、ピロール、ピコリン、チオフェン、アセチレン、及び、ジアセチレン等の重合体、並びに、その誘導体が挙げられる。

#### 【0081】

なお、電子ブロッキング膜は、複数膜で構成してもよい。

電子ブロッキング膜は、無機材料で構成されていてもよい。一般的に、無機材料は有機材料よりも誘電率が大きいいため、無機材料を電子ブロッキング膜に用いた場合に、光電変換膜に電圧が多くかかるようになり、光電変換効率が高くなる。電子ブロッキング膜となりうる無機材料は、例えば、酸化カルシウム、酸化クロム、酸化クロム銅、酸化マンガン、酸化コバルト、酸化ニッケル、酸化銅、酸化ガリウム銅、酸化ストロンチウム銅、酸化ニオブ、酸化モリブデン、酸化インジウム銅、酸化インジウム銀、及び、酸化イリジウムが挙げられる。

30

#### 【0082】

##### <正孔ブロッキング膜>

正孔ブロッキング膜は、アクセプター性有機半導体材料(化合物)であり、上述のn型半導体材料等を利用できる。

#### 【0083】

電荷ブロッキング膜の製造方法は特に制限されず、例えば、乾式成膜法及び湿式成膜法が挙げられる。乾式成膜法は、例えば、蒸着法及びスパッタ法が挙げられる。蒸着法は、物理蒸着(PVD: Physical Vapor Deposition)法及び化学蒸着(CVD)法のいずれでもよく、真空蒸着法等の物理蒸着法が好ましい。湿式成膜法は、例えば、インクジェット法、スプレー法、ノズルプリント法、スピコート法、ディップコート法、キャスト法、ダイコート法、ロールコート法、パーコート法、及び、グラビアコート法が挙げられ、高精度パターンニングの点からは、インクジェット法が好ましい。

40

#### 【0084】

電荷ブロッキング膜(電子ブロッキング膜及び正孔ブロッキング膜)の厚みは、それぞれ、3~200nmが好ましく、5~100nmがより好ましく、5~30nmが更に好

50

ましい。

【 0 0 8 5 】

[ 基板 ]

光電変換素子は、更に基板を有してもよい。使用される基板の種類は特に制限されず、例えば、半導体基板、ガラス基板、及び、プラスチック基板が挙げられる。

なお、基板の位置は特に制限されず、通常、基板上に導電性膜、光電変換膜、及び、透明導電性膜をこの順で積層する。

【 0 0 8 6 】

[ 封止層 ]

光電変換素子は、更に封止層を有してもよい。光電変換材料は水分子等の劣化因子の存在で顕著にその性能が劣化してしまうことがある。そこで、水分子を浸透させない緻密な金属酸化物、金属窒化物、若しくは、金属窒化酸化物等のセラミクス、又は、ダイヤモンド状炭素 ( D L C : D i a m o n d - l i k e C a r b o n ) 等の封止層で光電変換膜全体を被覆して封止することで、上記劣化を防止できる。

なお、封止層は、特開 2 0 1 1 - 0 8 2 5 0 8 号公報の段落 [ 0 2 1 0 ] ~ [ 0 2 1 5 ] に記載に従って、材料の選択及び製造を行ってもよい。

【 0 0 8 7 】

[ 撮像素子、光センサ ]

光電変換素子の用途として、例えば、撮像素子が挙げられる。撮像素子とは、画像の光情報を電気信号に変換する素子であり、通常、複数の光電変換素子が同一平面上でマトリクス状に配置されており、各々の光電変換素子 ( 画素 ) において光信号を電気信号に変換し、その電気信号を画素ごとに逐次撮像素子外に出力できるものをいう。そのために、画素ひとつあたり、一つ以上の光電変換素子、一つ以上のトランジスタから構成される。

撮像素子は、デジタルカメラ、及び、デジタルビデオカメラ等の撮像素子、電子内視鏡、並びに、携帯電話機等の撮像モジュール等に搭載される。

【 0 0 8 8 】

本発明の光電変換素子は、本発明の光電変換素子を有する光センサに用いることも好ましい。光センサは、上記光電変換素子単独で用いてもよいし、上記光電変換素子を直線状に配したラインセンサ、又は、平面状に配した 2 次元センサとして用いてもよい。

【 0 0 8 9 】

[ 化合物 ]

本発明は、化合物にも関する。

本発明の化合物は、上述の特定化合物 ( 式 ( 1 ) で表される化合物 ) と同様であり、好ましい条件も同様である。

【 実施例 】

【 0 0 9 0 】

以下に実施例に基づいて本発明を更に詳細に説明する。以下の実施例に示す材料、使用量、割合、処理内容、及び、処理手順等は、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更できる。したがって、本発明の範囲は以下に示す実施例により限定的に解釈されるべきものではない。

【 0 0 9 1 】

[ 化合物 ( 評価化合物 ) ]

< 化合物 ( 1 - 1 ) の合成 >

特定化合物である化合物 ( 1 - 1 ) を下記スキームに従い合成した。

【 0 0 9 2 】

10

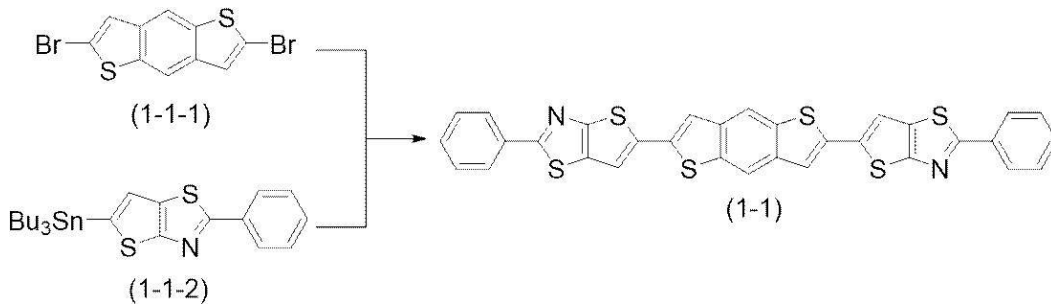
20

30

40

50

## 【化17】



10

## 【0093】

ガラス製反応容器に、化合物(1-1-1)(1mmol)、化合物(1-1-2)(2.4mmol)、XPhosPdG3(0.03mmol)、及び、4-メチルテトラヒドロピラン16mLを加えて混合液を得た。上記反応容器内を窒素置換した後、上記混合液を100℃で5時間反応させた。上記混合液を室温(25℃)まで放冷した後、上記混合液中に析出した析出物を濾取した。得られた固体(濾物)をクロロベンゼンに懸濁させ、140℃で1時間加熱した後、濾取した。得られた固体(濾物)を減圧下乾燥後、昇華精製することにより、化合物(1-1)を0.4mmol得た。

得られた化合物(1-1)の、LDI-MS(ソフトレーザー脱離イオン化質量分析法)による測定結果は以下の通りであった。

20

LDI-MS: 620.9 ( $M^+ + H$ )

なお、XPhosPdG3は、(2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',4',6'-トリイソプロピル-1,1'-ビフェニル)[2-(2'-アミノ-1,1'-ビフェニル)]パラジウム(II)メタンスルホン酸塩である。

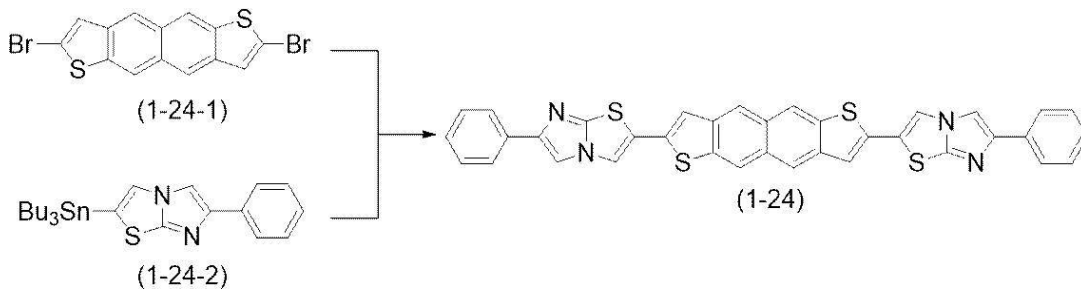
## 【0094】

<化合物(1-24)の合成>

特定化合物である化合物(1-24)を下記スキームに従い合成した。

## 【0095】

## 【化18】



30

## 【0096】

ガラス製反応容器に、化合物(1-24-1)(1mmol)、化合物(1-24-2)(2.4mmol)、XPhosPdG3(0.03mmol)、及び、4-メチルテトラヒドロピラン(16mL)を加えて混合液を得た。上記反応容器内を窒素置換した後、上記混合液を100℃で5時間反応させた。上記混合液を室温(25℃)まで放冷した後、上記混合液中に析出した析出物を濾取した。得られた固体(濾物)をクロロベンゼンに懸濁させ、140℃で1時間加熱した後、濾取した。得られた固体(濾物)を減圧下乾燥後、昇華精製することにより、化合物(1-24)を0.5mmol得た。

40

得られた化合物(1-24)の、LDI-MSによる測定結果は以下の通りであった。

LDI-MS: 636.9 ( $M^+ + H$ )

## 【0097】

上述の合成方法を参照にその他の特定化合物も合成した。

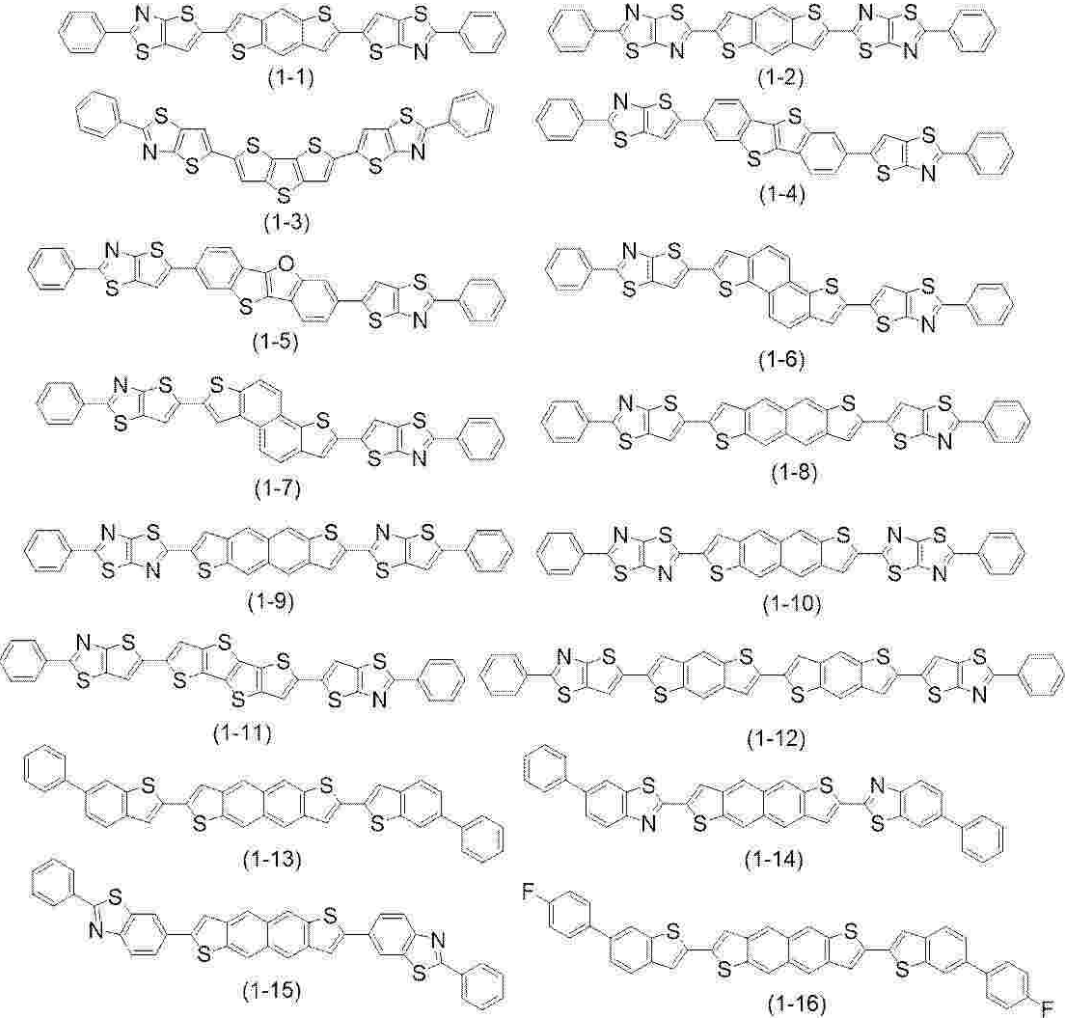
以下に、試験に使用した特定化合物と比較用化合物を示す。

50

以下において、化合物(1-1)~(1-27)が特定化合物である。  
以下、特定化合物と比較用化合物とを総称して、評価化合物ともいう。

【0098】

【化19】



10

20

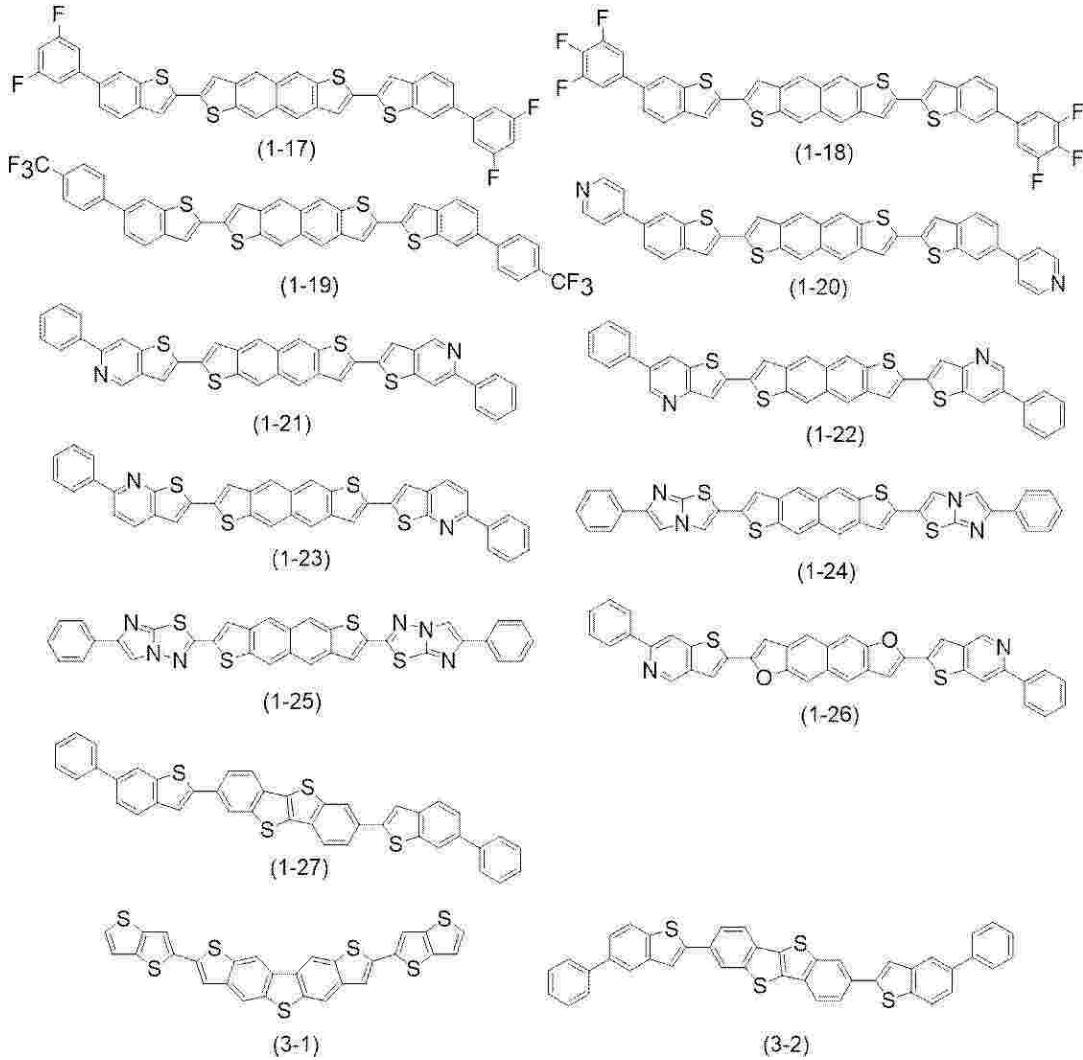
30

【0099】

40

50

【化 2 0】



10

20

【 0 1 0 0】

[色素 (評価色素)]

下記に示す色素を、実施例における評価に用いる色素として、後述する光電変換素子の作製に用いた。

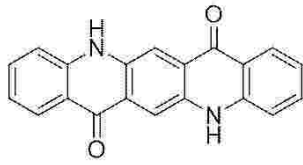
【 0 1 0 1】

30

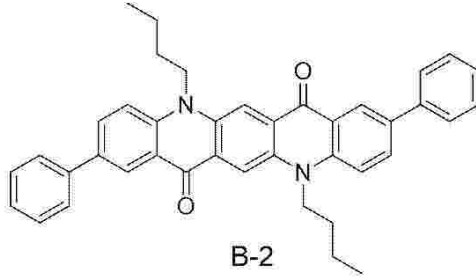
40

50

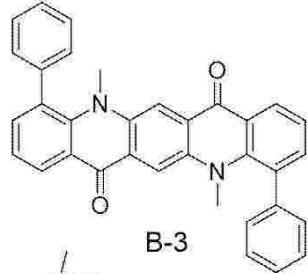
## 【化 2 1】



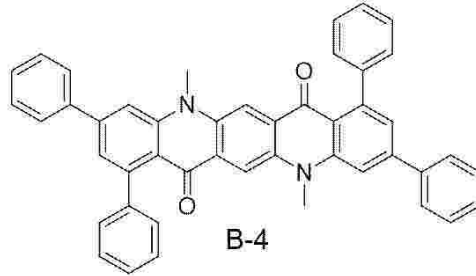
B-1



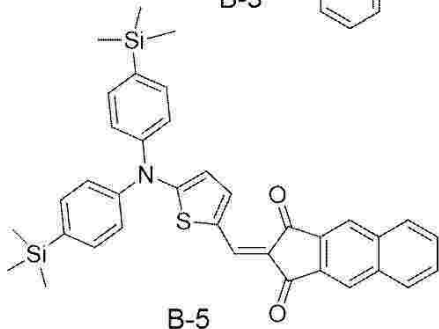
B-2



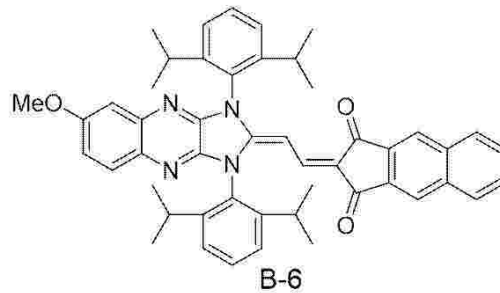
B-3



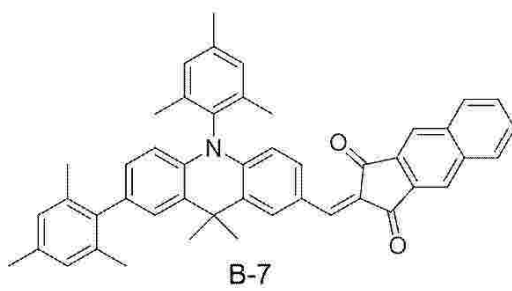
B-4



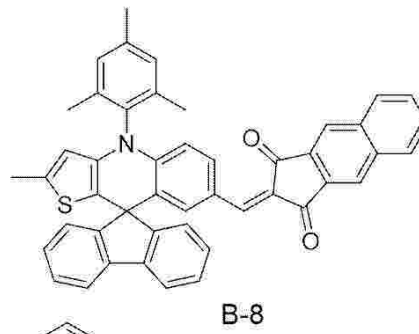
B-5



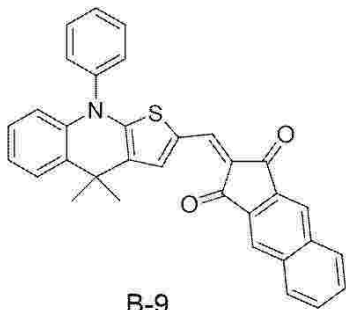
B-6



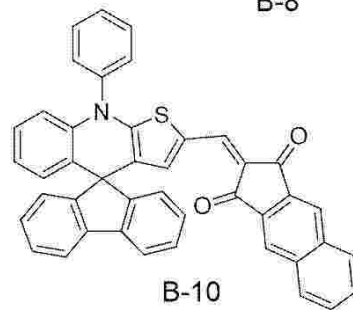
B-7



B-8



B-9



B-10

## 【 0 1 0 2】

10

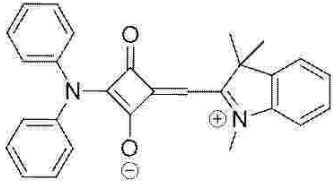
20

30

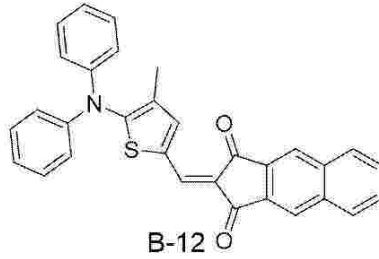
40

50

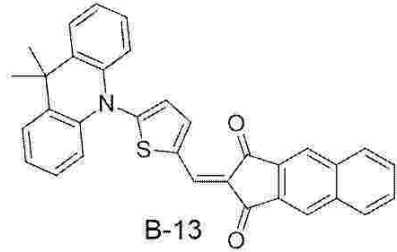
## 【化 2 2】



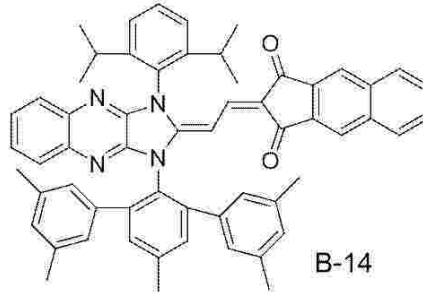
B-11



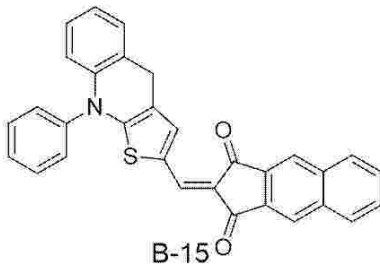
B-12



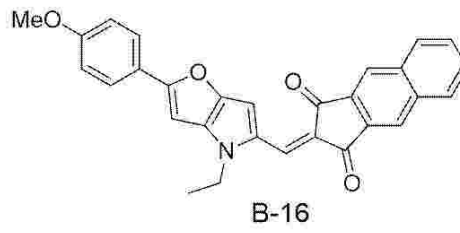
B-13



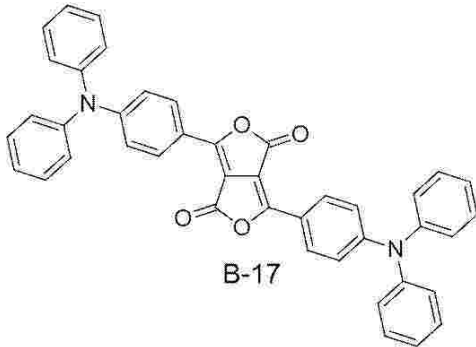
B-14



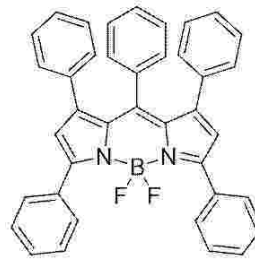
B-15



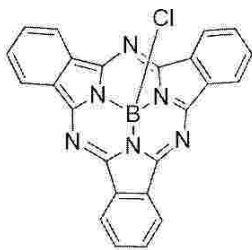
B-16



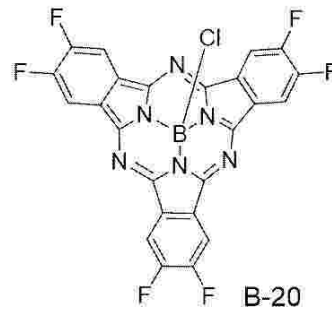
B-17



B-18



B-19



B-20

## 【 0 1 0 3】

[ n型半導体材料 ]

フラーレン C 6 0 を、評価に用いる n 型半導体材料として、後述する光電変換素子の作製に用いた。

## 【 0 1 0 4】

[ 試験 ]

< 実施例及び比較例：光電変換素子の作製 >

得られた化合物を用いて図 2 の形態の光電変換素子を作製した。ここで、光電変換素子は、下部電極 1 1、電子ブロッキング膜 1 6 A、光電変換膜 1 2、正孔ブロッキング膜 1

10

20

30

40

50

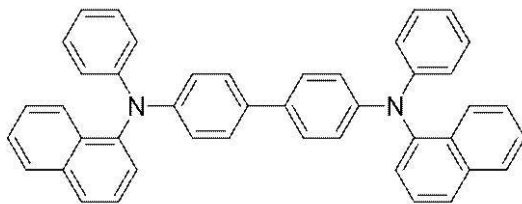
6 B、及び、上部電極 1 5 からなる。

具体的には、ガラス基板上に、アモルファス性ITOをスパッタ法により成膜して、下部電極 1 1 (厚み：30 nm)を形成し、更に下部電極 1 1 上に下記の化合物 (C - 1)を真空加熱蒸着法により成膜して、電子ブロッキング膜 1 6 A (厚み：30 nm)を形成した。更に、電子ブロッキング膜 1 6 A 上に、表 1 に示す評価化合物、n型半導体材料、及び、色素を共蒸着し、混合層である光電変換膜 1 2 を形成した。評価化合物、n型半導体材料、及び、色素の蒸着速度の比は、光電変換膜中における、これらの成分の単層換算での膜厚が、表 1 の「成分比」欄に示す比になるように調整した。

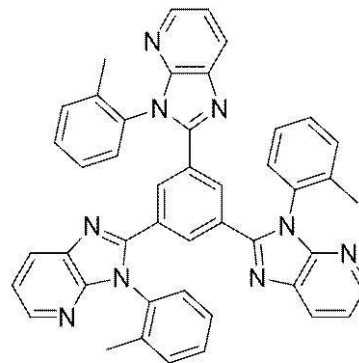
更に光電変換膜 1 2 上に下記の化合物 (C - 2)を蒸着して正孔ブロッキング膜 1 6 B (厚み：10 nm)を形成した。正孔ブロッキング膜 1 6 B 上に、アモルファス性ITOをスパッタ法により成膜して、上部電極 1 5 (透明導電性膜) (厚み：10 nm)を形成した。上部電極 1 5 上に、真空蒸着法により封止層としてSiO膜を形成した後、その上にALCVD (Atomic Layer Chemical Vapor Deposition) 法により酸化アルミニウム (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 層を形成し、各実施例又は比較例の光電変換素子を作製した。

【0105】

【化23】



C-1



C-2

【0106】

< 暗電流の評価 >

得られた各光電変換素子について、以下の方法で暗電流を測定した。

各光電変換素子の下部電極及び上部電極に、 $2.5 \times 10^5$  V / cmの電界強度となるように電圧を印加して、暗所での電流値 (暗電流)を測定した。その結果、いずれの光電変換素子においても、暗電流は $50$  nA / cm<sup>2</sup>以下であり、十分に低い暗電流を示すことが確認された。

【0107】

< 光電変換効率 (量子効率) の評価 >

以下の方法で、得られた各光電変換素子の駆動の確認をした。

各光電変換素子に $2.0 \times 10^5$  V / cmの電界強度となるように電圧を印加した。その後、上部電極 (透明導電性膜) 側から光を照射して可視光領域 (波長400 ~ 700 nmの光) の光電変換効率 (外部量子効率) を評価した。

波長400 ~ 550 nmの光における光電変換効率の積分値を用いて、式 (S) より光電変換効率の積分値の相対比を算出し、下記基準により評価した。

相対比が大きいほど光電変換効率 (特に波長400 ~ 550 nmの光に対する光電変換効率) に優れ、好ましい。

式 (S) :

相対比 =

(評価対象の光電変換素子の波長400 ~ 550 nmの光における光電変換効率の積分値) / (実施例 1 - 1 の光電変換素子の波長400 ~ 550 nmの光における光電変換効率

10

20

30

40

50

の積分値)

- A : 光電変換効率の積分値の相対比が 1 . 4 以上
- B : 光電変換効率の積分値の相対比が 1 . 2 以上、 1 . 4 未満
- C : 光電変換効率の積分値の相対比が 1 . 0 以上、 1 . 2 未満
- D : 光電変換効率の積分値の相対比が 0 . 8 以上、 1 . 0 未満
- E : 光電変換効率の積分値の相対比が 0 . 8 未満

【 0 1 0 8 】

< 光電変換効率の電界強度依存性の評価 >

以下の方法で、得られた各光電変換素子の量子効率の電界強度依存性の確認をした。

各光電変換素子に  $1.5 \times 10^5 \text{ V/cm}$  の電界強度となるように電圧を印加した。その後、上部電極（透明導電性膜）側から光を照射して可視光領域（波長  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の光）の光電変換効率（外部量子効率）を評価した。

更に、各光電変換素子に  $2.0 \times 10^5 \text{ V/cm}$  の電界強度となるように電圧を印加した。その後、上部電極（透明導電性膜）側から光を照射して可視光領域（波長  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の光）の光電変換効率（外部量子効率）を評価した。

それぞれの電界強度で測定された波長  $400 \sim 550 \text{ nm}$  の光における光電変換効率の積分値を用いて、下記式より光電変換効率比を算出し、下記基準により光電変換効率の電界強度依存性を評価した。

光電変換効率比が 1 に近いほど、光電変換効率の電界強度依存性が小さく、好ましい。

光電変換効率比

= ( 評価対象の光電変換素子に  $1.5 \times 10^5 \text{ V/cm}$  の電界強度となるように電圧を印加した条件下での、波長  $400 \sim 550 \text{ nm}$  の光における光電変換効率の積分値 ) / ( 評価対象の光電変換素子に  $2.0 \times 10^5 \text{ V/cm}$  の電界強度となるように電圧を印加した条件下での、波長  $400 \sim 550 \text{ nm}$  の光における光電変換効率の積分値 )

- A : 光電変換効率比が 0 . 9 以上 1 . 0 以下
- B : 光電変換効率比が 0 . 8 以上 0 . 9 未満
- C : 光電変換効率比が 0 . 7 以上 0 . 8 未満
- D : 光電変換効率比が 0 . 7 未満

【 0 1 0 9 】

各実施例又は比較例の光電変換素子の特徴、及び、各実施例又は比較例の光電変換素子を使用して行った試験の結果を下記表 1 に示す。

表中、「評価化合物」欄、「n型半導体材料」欄、及び、「色素」欄における、「種類」欄は、光電変換素子の作製において使用した成分の種類を示す。

「Ar 1 1」欄は、使用した特定化合物における Ar 1 1 で表される基が、式 ( A 1 ) ~ 式 ( A 6 ) で表される基のうちのいずれであることを示す。

【 0 1 1 0 】

10

20

30

40

50

【表 5】

表1	評価化合物		n型半導体材料	色素	成分比	結果	
	種類	Ar11				種類	種類
実施例1-1	1-1	A1	フラーレン	B-1	1:1:1	C	C
実施例1-2	1-1	A1	フラーレン	B-6	1:1:1	C	C
実施例1-3	1-1	A1	フラーレン	B-18	1:1:1	C	C
実施例1-4	1-2	A1	フラーレン	B-2	1:1:1	C	C
実施例1-5	1-3	A2	フラーレン	B-3	1:1:1	C	C
実施例1-6	1-4	A3	フラーレン	B-4	1:1:1	C	B
実施例1-7	1-5	A3	フラーレン	B-5	1:1:1	C	B
実施例1-8	1-6	A4	フラーレン	B-6	1:1:1	C	B
実施例1-9	1-7	A4	フラーレン	B-7	1:1:1	C	B
実施例1-10	1-8	A5	フラーレン	B-8	1:1:1	A	A
実施例1-11	1-9	A5	フラーレン	B-8	1:1:1	A	A
実施例1-12	1-10	A5	フラーレン	B-9	1:1:1	A	A
実施例1-13	1-11	A6	フラーレン	B-10	1:1:1	C	B
実施例1-14	1-12	A1	フラーレン	B-11	1:1:1	B	B
実施例1-15	1-13	A5	フラーレン	B-12	1:1:1	B	A
実施例1-16	1-14	A5	フラーレン	B-12	1:1:1	A	A
実施例1-17	1-15	A5	フラーレン	B-12	1:1:1	B	A
実施例1-18	1-16	A5	フラーレン	B-13	1:1:1	A	A
実施例1-19	1-17	A5	フラーレン	B-14	1:1:1	A	A
実施例1-20	1-18	A5	フラーレン	B-15	1:1:1	A	A
実施例1-21	1-19	A5	フラーレン	B-16	1:1:1	A	A
実施例1-22	1-20	A5	フラーレン	B-17	1:1:1	A	A
実施例1-23	1-21	A5	フラーレン	B-18	1:1:1	A	A
実施例1-24	1-22	A5	フラーレン	B-18	1:1:1	A	A
実施例1-25	1-23	A5	フラーレン	B-19	1:1:1	A	A
実施例1-26	1-24	A5	フラーレン	B-20	1:1:1	A	A
実施例1-27	1-25	A5	フラーレン	B-20	1:1:1	A	A
実施例1-28	1-26	A5	フラーレン	B-18	1:1:1	A	A
実施例1-29	1-27	A3	フラーレン	B-1	1:1:1	C	B
比較例1-1	3-1	-	フラーレン	B-1	1:1:1	E	D
比較例1-2	3-2	-	フラーレン	B-1	1:1:1	D	D

## 【0111】

表1に示す結果より、光電変換膜に特定化合物を使用する本発明の光電変換素子は、本発明の効果が優れることが確認された。

一方で、特定化合物とは異なる化合物を使用した場合、得られる光電変換素子は、光電変換効率に劣り、また、光電変換効率の電界強度依存性も大きいことが確認された。

## 【0112】

Ar<sup>11</sup>で表される基が、式(A5)で表される基である特定化合物を使用した場合、光電変換効率、及びノ又は、光電変換効率の電界強度依存性がより良好な結果になっていることから、特定化合物におけるAr<sup>11</sup>で表される基が、式(A5)で表される基である場合、本発明の効果がより優れることが確認された。

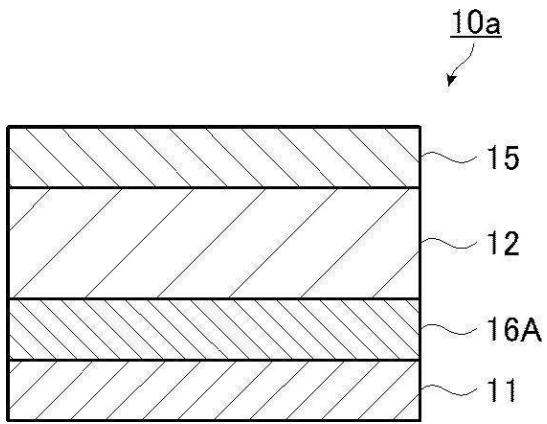
## 【符号の説明】

## 【0113】

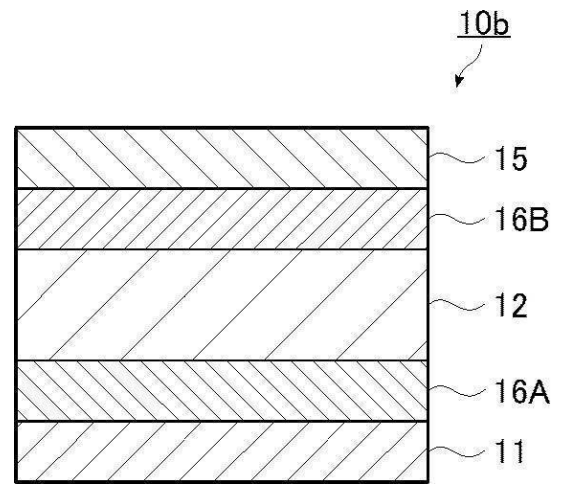
- 10a, 10b 光電変換素子
- 11 導電性膜(下部電極)
- 12 光電変換膜
- 15 透明導電性膜(上部電極)
- 16A 電子ブロッキング膜
- 16B 正孔ブロッキング膜

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

富士フイルム株式会社内

(72)発明者 米久田 康智

神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内

(72)発明者 中田 飛翼

神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内

審査官 吉岡 一也

(56)参考文献 国際公開第2020/195935(WO, A1)

特開2018-170487(JP, A)

中国特許出願公開第108440574(CN, A)

YOUN, Jangdae et al., Versatile , -Disubstituted Tetrathienoacene Semiconductors for High Performance Organic Thin-Film Transistors, ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS, 2012年, VOL.22, pp.48-60

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H10K 30/00 - 99/00

CAplus/REGISTRY(STN)