

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】令和2年9月3日(2020.9.3)

【公表番号】特表2020-502588(P2020-502588A)
 【公表日】令和2年1月23日(2020.1.23)
 【年通号数】公開・登録公報2020-003
 【出願番号】特願2019-542347(P2019-542347)
 【国際特許分類】

G 0 2 F 1/1516 (2019.01)
 C 0 9 K 9/02 (2006.01)
 G 0 2 F 1/15 (2019.01)
 C 0 7 D 513/04 (2006.01)

【F I】

G 0 2 F 1/1516
 C 0 9 K 9/02 A
 G 0 2 F 1/15 5 0 2
 C 0 7 D 513/04 3 7 1
 C 0 7 D 513/04 C S P

【誤訳訂正書】

【提出日】令和2年7月20日(2020.7.20)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】近赤外線吸収性化合物およびそれを組み込んだデバイス

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2016年10月17日に出願された米国仮特許出願第62/409,034号の利益を主張し、その内容は、あらゆる目的のためにその開示全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

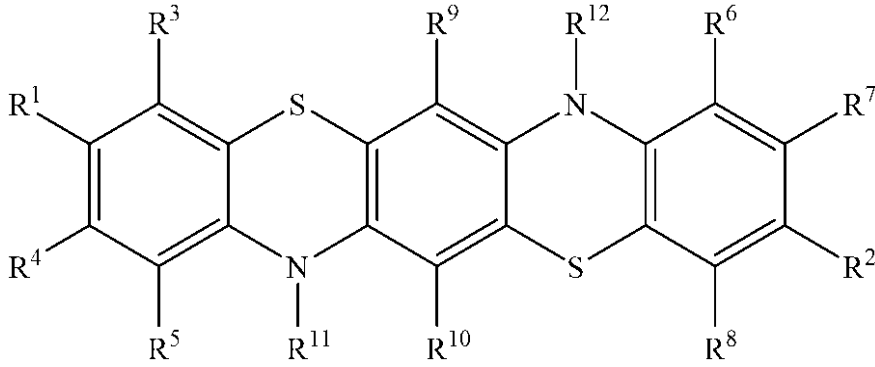
本技術は、概してエレクトロクロミック化合物および電子光学デバイスに関する。より具体的には、トリフェノジチアゾンおよびそれらを組み込むエレクトロクロミックデバイスにおけるそれらの使用に関する。

【発明の概要】

【0003】

一態様では、電気化学デバイスが提供され、この装置は式(I)の化合物：

【化 1】



(I)

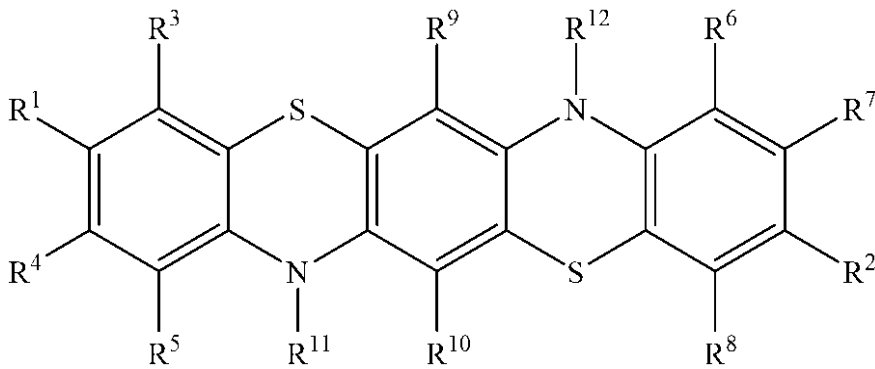
を含む。

式 (I) において、 R^1 および R^2 は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリアルオキシであり； R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり； R^9 および R^{10} は独立してアルコキシ、またはアリアルオキシであり、 R^1 および R^2 はアルキルであり、 R^9 および R^{10} は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり； R^{11} および R^{12} は独立してアルキルまたは $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]$ であり、式中、 n は 1 ~ 20 であり、それぞれの R^{20} は独立してアルキルであり； X はアニオンである。デバイスは、式 (I) の化合物を含むアノード材料を有するエレクトロクロミック媒体をさらに含み得る。例示的エレクトロクロミックデバイスには、ミラー、建築用窓、航空機窓、および切替可能な電子光学フィルタが含まれるが、これらに限定されない。

【0004】

別の態様では、式 (I) の化合物：

【化 2】



(I)

が提供される。

式 (I) において、 R^1 および R^2 は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリアルオキシであり； R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり； R^9 および R^{10} は独立してアルコキシ、またはアリアルオキシであり、 R^1 および R^2 はアルキルであり、 R^9 および R^{10} は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり； R^{11} および R^{12} は独立してアルキルまたは $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]$ であり、式中、 n は 1 ~ 20 であり、それぞれの R^{20} は独立してアルキルであり； X はアニオンである。デバイスは、式 (I) の化合物を含むアノード材料を有するエレクトロクロミック媒体をさらに含み得る。例示的エレクトロクロミックデバイスには、ミラー、建築用窓、航空機窓、およびフィルタが含まれるが、これらに限定されない。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図 1】図 1 は、一実施形態によるエレクトロクロミックデバイスの概略断面図である。

【図 2】図 2 は、実施例 2 による、3, 10 - ジ - t - ブチル - 7, 14 - (4 - トリエチルアンモニウムブチル)トリフェノジアジンス(テトラフルオロボレート)の第二及び第三の酸化状態生成物の吸光度スペクトルである。

【図 3】図 3 は、実施例 1 ~ 5 による、前記第二の酸化状態におけるトリフェニルチアジンの吸光度スペクトルである。

【図 4】図 4 は、実施例 1 ~ 5 による、前記第三の酸化状態におけるトリフェニルチアジンの吸光度スペクトルである。

【図 5】図 5 は、電子光学赤外線フィルタの非限定的な例のための電子光学セルの断面概略図である。

【図 6】図 6 は、電子光学赤外線フィルタの非限定的な例のための電子光学セルの断面概略図である。

【図 7】図 7 は、電子光学赤外線フィルタの非限定的な例のための、分離電極セル設計を有する電子光学セルの断面概略図である。

【図 8】図 8 は、電子光学赤外線フィルタの非限定的な例のための、分離電極セル設計を有する電子光学セルの概略図である。

【図 9】図 9 は、電子光学赤外線フィルタの非限定的な例のための、分離電極セル設計を有する電子光学セルの二つの概略図である。図 9 の上半分は分解図である。図 9 の下半分は、同一のセルの側面図である。

【図 10】図 10 は、前記無電力状態 (a) における図 9 の近赤外線分離電極フィルタデバイスの写真を示し、移行中 (b)、および最終状態 (c) では 1.4 ボルトで給電される。

【図 11】図 11 は、図 9 の近赤外線フィルタデバイスの透過スペクトルデータを示す。

【図 12】図 12 は、図 9 の近赤外線フィルタデバイスによるスイッチング時間の評価を示す。

【図 13】図 13 は、電子光学赤外線フィルタの非限定的な例のための、分離電極セル設計を有する電子光学セルの二つの概略図である。図 13 の上半分は分解図である。図 13 の下半分は、同一のセルの側面図である。

【図 14】図 14 は、第一の酸化状態、第二の酸化状態、および第三の酸化状態におけるトリフェノジチアジンの非限定的な例を示す。

【図 15】図 15 は、本明細書に記載の切替可能な電子光学赤外線フィルタを含む撮像素子アセンブリの非限定的な例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0006】

種々の実施形態を以下に説明する。特定の実施形態が、本明細書に記載のより広い態様を総括または限定を意図するものではないことに留意されたい。特定の実施形態と共に説明する一態様は、必ずしも該実施形態に限定されるものではなく、任意の他の実施形態において実行可能である。

【0007】

本明細書で用いられる「約 (about)」は、当業者によって理解され得るものであり、それが用いられる文脈に応じてある程度変わりうる。当業者にとって不明瞭な用語の使用がある場合、それが用いられる文脈を考慮して、「約 (about)」は、特定の期間のプラスまたはマイナス 10% までを意味する。

【0008】

用語「一つの (a)」、「一つの (an)」、「前記 (the)」および要素を説明する文脈中 (特に、以下の特許請求の範囲における文脈中) の類似する指示対象は、本明細書中で特に示したり、明らかに文脈と矛盾したりしない限り、単数および複数の両方を包含するものと解釈される。本明細書の値の範囲の列記は、本明細書中で特に示さない限り、該範囲内の個々の値を個別に参照する簡略な方法として機能することが意図されるものであり、個々の値はそれぞれ本明細書に個別に記載されるものとして本明細書に組み込まれる。本明細書中で特に示したり、明らかに文脈と矛盾したりしない限り、本明細書に記

載の全ての方法は、任意の適切な順序で実行可能である。本明細書中に提供される全ての例、または例示的語句（例えば、「など（such as）」の使用は、実施形態をよりよく示すことを意図するものにすぎず、特に記載のない限り、特許請求の範囲を限定しない。本明細書中のいずれの語句も、特許請求しない任意の要素を必須であると示すとは解釈されない。

【0009】

一般的に、「置換」は、以下に定義するように（例えば、アルキル基）、それに含まれる水素原子との一つまたは複数の結合が非水素または非炭素原子の結合で置換された、アルキル基、アルケニル基、アルキニル基、アリール基、またはエーテル基をさす。置換基には、炭素または水素との一つまたは複数の結合が、ヘテロ原子との、二重または三重結合を含む一つまたは複数の結合で置換されている基も含まれる。従って、特に指定しない限り、一つの置換基は一つまたは複数の置換基で置換される。一部の実施形態では、一つの置換基は1、2、3、4、5、または6個の置換基で置換される。置換基の例には、ハロゲン（すなわち、F、Cl、Br、およびI）ヒドロキシル、アルコキシ基、アルケノキシ基、アルキノキシ基、アリーロキシ基、アラルキルオキシ基、ヘテロシクリルオキシ基、およびヘテロシクリルアルコキシ基、カルボニル（オキソ）、カルボキシル、エステル、ウレタン、オキシム、ヒドロキシルアミン、アルコシアミン、アラルコシアミン、チオール、スルフィド、スルホキシド、スルホン、スルホニル、スルホンアミド、アミン、N-オキシド、ヒドラジン、ヒドラジド、ヒドラゾン、アジド、アミド、尿素、アミジン、グアニジン、エナミン、イミド、イソシアナート、イソチオシアナート、シアナート、チオシアナート、イミン、ニトロ基、ニトリル（すなわち、CN）、および同種のもが含まれる。このような置換は、米国特許第6,445,486号に記載される溶解性増強基を含む。

【0010】

本明細書で使用する場合、 $C_1 - C_{12}$ 、 $C_1 - C_8$ 、または $C_1 - C_6$ などの $C_m - C_n$ は、基の前に使用される時、その基が $m \sim n$ 個の炭素原子を含むことをさす。

【0011】

本明細書で使用する場合、「アルキル」基には、1～約20個の炭素原子、典型的には1～12個の炭素、または一部の実施形態では1～8個の炭素原子を持つ直鎖および分岐アルキル基が含まれる。本明細書で用いる場合、「アルキル基」には以下に定義するシクロアルキル基が含まれる。アルキル基は置換または非置換でありうる。直鎖アルキル基の例には、メチル基、エチル基、 n -プロピル基、 n -ブチル基、 n -ペンチル基、 n -ヘキシル基、 n -ヘプチル基、および n -オクチル基が含まれる。分岐アルキル基の例には、イソプロピル基、sec-ブチル基、t-ブチル基、ネオペンチル基、およびイソペンチル基が含まれるがこれらに限定されない。代表的な置換アルキル基は、例えば、アミノ基、チオ基、ヒドロキシ基、シアノ基、アルコキシ基、ならびに/またはF基、Cl基、Br基、およびI基などのハロ基で一回または複数回置換されうる。本明細書で使用する場合、ハロアルキルという用語は一つまたは複数のハロ基を有するアルキル基である。一部の実施形態では、ハロアルキルはペルハロアルキル基をさす。

【0012】

シクロアルキル基は、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、およびシクロオクチル基などであるがこれらに限定されない環状アルキル基である。一部の実施形態では、シクロアルキル基は3～8個の環構成要素を持つのに対し、その他の実施形態では、環炭素原子の数は3～5、6、または7個の範囲である。シクロアルキル基は置換または非置換でありうる。シクロアルキル基にはさらに、ノルボルニル基、アダマンチル基、ボルニル基、カンフェニル基、イソカンフェニル基、およびカレニル基などであるがこれらに限定されない多環式シクロアルキル基、ならびにデカリニル、および同種のものであるがこれらに限定されない縮合環が含まれる。シクロアルキル基には、上記で定義されたような直鎖または分岐鎖アルキル基で置換された環も含まれる。代表的な置換シクロアルキル基は、限定するものではないが、アルキ

ル基、アルコキシ基、アミノ基、チオ基、ヒドロキシ基、シアノ基、およびノまたは八口基で置換されうる、2, 2-, 2, 3-, 2, 4-, 2, 5-, もしくは2, 6-二置換シクロヘキシル基または一置換、二置換、もしくは三置換ノルボルニル基もしくはシクロヘプチル基など、一置換でも、二置換以上でもよい。

【0013】

アルケニル基は、2～約20個の炭素原子を有し、さらに少なくとも一つの二重結合を含む直鎖、分岐または環状アルキル基である。一部の実施形態で、アルケニル基は1～12個の炭素、または典型的には1～8個の炭素原子を持つ。アルケニル基は置換または非置換でありうる。アルケニル基には、数ある中でも例えば、ビニル基、プロペニル基、2-ブテニル基、3-ブテニル基、イソブテニル基、シクロヘキセニル基、シクロペンテニル基、シクロヘキサジエニル基、ブタジエニル基、ペンタジエニル基、およびヘキサジエニル基が含まれる。アルケニル基はアルキル基と同様に置換されうる。二価アルケニル基、すなわち、二つの付着点を持つアルケニル基には、 $\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 、 $\text{C}=\text{CH}_2$ 、または $\text{C}=\text{CHCH}_3$ が含まれるがこれらに限定されない。

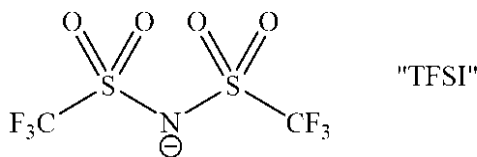
【0014】

本明細書で使用する場合、「アリアル」基または「芳香族」基はヘテロ原子を含まない環状芳香族炭化水素である。アリアル基には、単環式、二環式および多環式系が含まれる。従って、アリアル基には、フェニル基、アズレニル基、ヘプタレニル基、ピフェニレニル基、インダセニル基、フルオレニル基、フェナントレニル基、トリフェニレニル基、ピレニル基、ナフタセニル基、クリセニル基、ピフェニル基、アントラセニル基、インデニル基、インダニル基、ペンタレニル基、およびナフチル基が含まれるがこれらに限定されない。一部の実施形態では、アリアル基は6～14個の炭素、その他では6～12個または6～10個の炭素原子を基の環部分に含む。「アリアル基」という語句は、縮合芳香族脂肪族環系（例えば、インダニル、テトラヒドロナフチル、および同種のもの）などの縮合環を含む基を含む。アリアル基は置換または非置換でありうる。

【0015】

本明細書で使用される場合、「TFSI」とは、以下に説明するように、ビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミドを指す：

【化3】



【0016】

一態様では、近赤外(NIR)吸収化合物が調製され、これはエレクトロクロミックデバイスで使用される場合、紫外線(UV)および熱サイクルに晒されたときに安定である。化合物は、他のアノード化合物よりも高い酸化能力を示し、より高い酸化能力のため、化合物は、扱いおよび材料で構成されたデバイスにおいて、空気感受性が低い。NIR吸収化合物は、三つの酸化状態(1)第一の酸化状態(例えば、中立状態)、(2)第二の酸化状態(例えば、ラジカルカチオンへの酸化)、および(3)第三の酸化状態(例えば、ジカチオンへの酸化)のうちの一つにあり、化合物が、UVおよび熱サイクル下の各状態で分解に対して安定である。NIR吸収化合物およびその第一、第二および第三の酸化状態の非限定的な例が図14に示される。NIR吸収スペクトルの非限定的な例を、第二および第三の酸化状態におけるNIR吸収化合物について収集した。図3および図4を参照のこと。化合物は、エレクトロクロミックデバイス、およびフォトグラフィック赤外線(IR)フィルタを含むがこれに限定されない、幅広い装置に用途を見出すことができる。本明細書で使用される場合、近赤外線または「NIR」は、終点を含む、700nm～1400nmの範囲内の波長を有する光を指す。

【0017】

特定のトリフェノチアジン化合物は、可視領域に顕著な吸光度を有することなく、第三の酸化状態で近赤外領域において非常に高い吸光度を有することが発見された。これらの化合物を有する電子光学装置は、可視領域に著しく影響することなく、近赤外領域での透過率を可逆的に減弱することができる。

【0018】

一部の実施形態では、デバイスは、溶液中の**カソード種**の吸光度による干渉がない場合に、酸化トリフィルジアジン化合物の近赤外吸収が観察され得る構成を含む。言い換えれば、近赤外線吸収が観察される場合、その特定の領域では、デバイスは無色に見える（すなわち、可視スペクトルにおける低吸光度または最小吸光度）。

【0019】

一態様では、エレクトロクロミックデバイスにおける苛酷試験条件下で良好な安定性を示すトリフェノチアジンを提供する。このような材料は、ミラーアセンブリ、建築用窓組立品、航空機窓組立品、フィルタ組立品などで使用し得る。

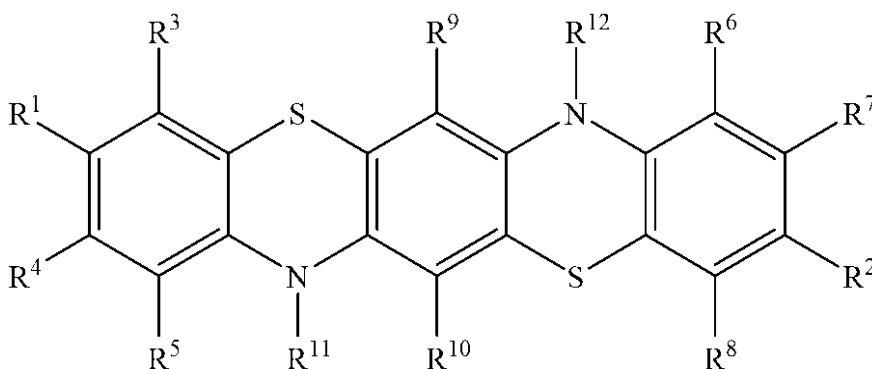
【0020】

別の態様では、本明細書では、**アノード**化合物を含むエレクトロクロミックデバイスが提供され、印加される十分な大きさの電圧下で、**アノード**化合物は安定な第三の酸化状態にアクセスできる。一部の実施形態では、**アノード**化合物は安定な第三の酸化状態にアクセスする。本明細書で使用される場合、「安定な第三の酸化状態」の化合物は、UV及び熱サイクル下で第三の酸化状態で存在する一方、分解に対して安定である化合物を指す。本明細書で使用される場合、「印加される十分な大きさの電圧」は、約0.1ボルト～約3ボルトを指す。一部の実施形態では、印加される十分な大きさの電圧は、約800ミリボルト～約1.4ボルトである。従前の公知の**アノード**化合物は、UVおよび熱サイクルの下で第三の酸化状態になると分解に対し安定を維持しない。本技術の**アノード**化合物は、本明細書に記載の式(I)の化合物であってもよい。エレクトロクロミックデバイスには、ミラー、建築用窓、航空機窓、フィルタ、またはバッテリーが含まれ得るが、これらに限定されない。

【0021】

トリフェノチアジンは、式(I)：

【化4】



(I)

により表される。

式(I)において、 R^1 および R^2 は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリーロキシであり； R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してH、アルコキシ、またはアリーロキシであり； R^9 および R^{10} は独立してアルコキシ、またはアリーロキシであり、 R^1 および R^2 はアルキルであり、 R^9 および R^{10} は独立してH、アルコキシ、またはアリーロキシであり； R^{11} および R^{12} は独立してアルキルまたは $(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]$ であり、式中、 n は1～20であり、 R^{20} はそれぞれ独立してアルキルであり； X はアニオンである。

【0022】

上記実施形態のいずれかでは、 R^1 および R^2 は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルコキシ、式 $R^{21} [O(CH_2)_x]_qO$ -の基、または $C_6 - C_{20}$ -アリアルオキシであり、式中、 R^{21} はアルキルであり、 x は1、2、3、または4であり、 q は1~20の整数である。上記実施形態のいずれかでは、 R^9 および R^{10} は共に $C_1 - C_{12}$ -アルコキシ、式 $R^{21} [O(CH_2)_x]_qO$ -の基、または $C_6 - C_{20}$ -アリアルオキシであり、式中、 R^{21} はアルキルであり、 x は1、2、3、または4であり、 q は1~20の整数である。

【0023】

式(I)の化合物の一部の実施形態では、 R^1 および R^2 は独立してアルキルであり； R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してHであり； R^9 および R^{10} は独立してHまたはアルコキシであり； R^{11} および R^{12} は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルキル、または $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、 n は1~10であり、 R^{20} はそれぞれ独立して $C_1 - C_6$ -アルキルであり、 X はアニオンである。これは、 R^1 および R^2 は独立して $C_1 - C_6$ -アルキルであり； R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してHであり； R^9 および R^{10} は独立してHまたは $C_1 - C_6$ -アルコキシであり； R^{11} および R^{12} は独立してメチル、エチル、 n -プロピル、*iso*-プロピル、 n -ブチル、*iso*-ブチル、*sec*-ブチル、 t -ブチル、または $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、 n は1~6であり、 R^{20} はそれぞれメチルまたはエチルであり、 X はアニオンである、場合を含む。

【0024】

式(I)の化合物の他の実施形態では、 R^1 および R^2 は独立してアルコキシまたはアリアルオキシであり； R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してH、 $C_1 - C_{12}$ -アルコキシ、または $C_6 - C_{12}$ -アリアルオキシであり； R^9 および R^{10} は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルコキシ、または $C_6 - C_{12}$ -アリアルオキシであり； R^{11} および R^{12} は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルキル、または $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、 n は1~20であり、 R^{20} はそれぞれ独立して $C_1 - C_6$ -アルキルであり、 X はアニオンである。これは、 R^3 、 R^4 、 R^7 、 R^8 は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルコキシ、または $C_6 - C_{12}$ -アリアルオキシであり； R^5 および R^6 はHである、場合を含む。これはまた、 R^1 および R^2 は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルコキシであり； R^3 、 R^4 、 R^7 、 R^8 は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルコキシであり； R^5 および R^6 はHであり； R^9 および R^{10} は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルコキシであり； R^{11} および R^{12} は独立して $C_1 - C_{12}$ -アルキルまたは $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3[X]$ 、またはアルキルであり、式中、 n は1~20であり、 R^{20} はそれぞれ独立して $C_1 - C_6$ -アルキルであり、 X はアニオンである、場合を含む。式(I)として表されるトリフェノジチアジンの一例示の実施形態では、 R^1 および R^2 は独立してメトキシ、エトキシ、 n -プロポキシ、*iso*-プロポキシ、 n -ブトキシ、*sec*-ブトキシ、または t -ブトキシであり； R^3 、 R^4 、 R^7 、 R^8 は独立してメトキシ、エトキシ、 n -プロポキシ、*iso*-プロポキシ、 n -ブトキシ、*sec*-ブトキシ、または t -ブトキシであり； R^5 および R^6 はHであり； R^9 および R^{10} は個別にメトキシ、エトキシ、 n -プロポキシ、*iso*-プロポキシ、 n -ブトキシ、*sec*-ブトキシ、または t -ブトキシであり； R^{11} および R^{12} は独立してメチル、エチル、 n -プロピル、*iso*-プロピル、 n -ブチル、*iso*-ブチル、*sec*-ブチル、 t -ブチル、または $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、 n は1~6であり、 R^{20} はそれぞれ独立してメチル、エチル、 n -プロピル、*iso*-プロピル、 n -ブチル、*iso*-ブチル、*sec*-ブチル、または t -ブチルであり、 X はアニオンである。

【0025】

上記いずれかの実施形態において、 X は、 F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 、 BF_4^- 、 PF_6^- 、 SbF_6^- 、 AsF_6^- 、 ClO_4^- 、 $SO_3CF_3^-$ 、 $N(CN)_2^-$ 、 $N(CF_3SO_2)_2^-$ 、 $C(CF_3SO_2)_3^-$ 、 $N(SO_2C_2F_5)_2^-$ 、 $Al(OC(CF_3)_3)_4^-$ または BAR_4^- が含まれ、 Ar はアリアルまたはフッ素化アリアル基であってよい。一実施形態において、 X^- は BAR_4^- であり、 Ar はペンタフルオロフェニル基である。いくつかの実施形態において、 X はテトラフルオロボレートまたはビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミドアニオンである。本明細書のいずれかの化合物に示される場合、複数の X はこのよう

アニオンの二つ以上の混合物としうる。

【0026】

上記のトリフェノジチアジンは、一般的な他のアノード化合物、および特に言えば他のトリフェノジチアジンよりも改善された安定性を示す。また、トリフェノジチアジンは、近赤外（NIR）領域内の波長を有する光の吸収におけるシフトも示す。本明細書のトリフェノジチアジンは、第二の酸化について約1102 nm～約1364 nmのNIR吸収最大値を有し、732 nm～約886 nmの第三の酸化吸収最大値を有する。こうしたシフトは、トリフェノジチアジンがデバイスに組み込まれるデバイスを貫通するまたは透過するNIR光波長を遮断することにおいて有用であり得る。本明細書に記載されるトリフェノジチアジンを組み込み得る例示的デバイスは、限定されないが、窓、航空機透明性、ミラー、表示装置、光フィルタなどを含み得る。

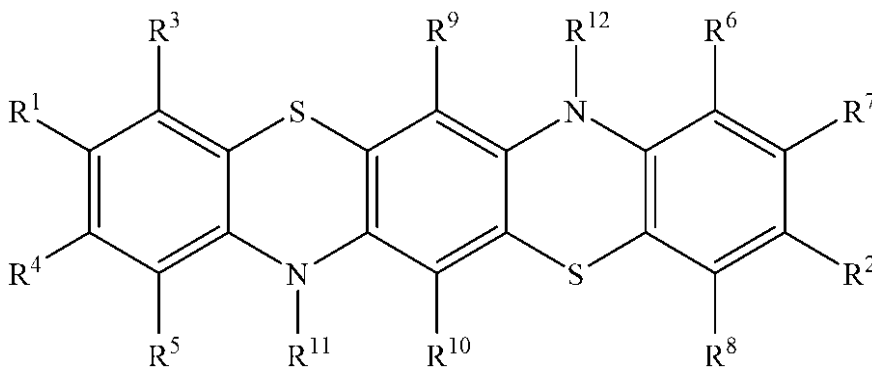
【0027】

第二または第三の酸化状態では、本明細書に開示されるトリフェノジチアジンは、可視光範囲における顕著な光吸収なしに、近赤外光吸収を示し得る。一部の実施形態では、トリフェノジチアジンは、可視光範囲におけるその全光吸収の10%未満を示す。これには、可視光範囲でのその全光吸収の9、8、7、6、5、4、3、2、または1%未満が含まれる。一部の実施形態では、トリフェノジチアジンは、可視光範囲でのその全光吸収の増分も含め、約1、2、3、4、5、6、7、8、9、または10%を示す。

【0028】

一態様では、エレクトロクロミックデバイスが提供され、このデバイスは、式（I）：

【化5】



(I)

によって表されるトリフェニルジチアジンを含む。

式（I）において、 R^1 および R^2 は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリーロキシであり； R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してH、アルコキシ、またはアリーロキシであり； R^9 および R^{10} は独立してアルコキシ、またはアリーロキシであり、 R^1 および R^2 はアルキルであり、 R^9 および R^{10} は独立してH、アルコキシ、またはアリーロキシであり； R^{11} および R^{12} は独立してアルキルまたは $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]$ であり、式中、 n は1～20であり、 R^{20} はそれぞれ独立してアルキルであり； X はアニオンである。上記実施形態のいずれかでは、 R^1 および R^2 はOMe以外であってよく、 R^3 - R^{10} はすべてHであり、 R^{11} および R^{12} は $(CH)_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]$ である。

【0029】

上記実施形態のいずれかでは、 R^1 および R^2 は独立して C_1 - C_{12} - アルコキシ、式 $R^{21} [O(CH_2)_x]_q O^-$ の基、または C_6 - C_{20} - アリーロキシであり、式中、 R^{21} はアルキルであり、 x は1、2、3、または4であり、 q は1～20の整数である。上記実施形態のいずれかでは、 R^9 および R^{10} は共に C_1 - C_{12} - アルコキシ、式 $R^{21} [O(CH_2)_x]_q O^-$ の基、または C_6 - C_{20} - アリーロキシであり、式中、 R^{21} はアルキルであり、 x は1、2、3、または4であり、 q は1～20の整数である。

【0030】

式（I）の化合物の一部の実施形態では、 R^1 および R^2 は独立してアルキルであり； R

³、R⁴、R⁵、R⁶、R⁷、R⁸は独立してHであり；R⁹およびR¹⁰は独立してHまたはアルコキシであり；R¹¹およびR¹²は独立してC₁-C₁₂-アルキル、 $-(CH_2)_nN^+(R_2O)_3[X]$ であり、式中、nは1~10であり；R²⁰はそれぞれ独立してC₁-C₆-アルキルであり、R⁵⁰はそれぞれC₁-C₆-アルキルであり、Xはアニオンである。これは、R¹およびR²は独立してC₁-C₆-アルキルであり；R³、R⁴、R⁵、R⁶、R⁷、R⁸は独立してHであり；R⁹およびR¹⁰は独立してHまたはC₁-C₆-アルコキシであり；R¹¹およびR¹²は独立してメチル、エチル、n-プロピル、iso-プロピル、n-ブチル、iso-ブチル、sec-ブチル、t-ブチル、 $-(CH_2)_nN^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、nは1~6であり、R²⁰はそれぞれメチルまたはエチルであり、Xはアニオンである、場合を含む。

【0031】

式(I)の化合物の他の実施形態では、R¹およびR²は独立してアルコキシまたはアリーロキシであり；R³、R⁴、R⁵、R⁶、R⁷、R⁸は独立してH、C₁-C₁₂-アルコキシ、またはC₆-C₁₂-アリーロキシであり；R⁹およびR¹⁰は独立してC₁-C₁₂-アルコキシ、またはC₆-C₁₂-アリーロキシであり；R¹¹およびR¹²は独立してC₁-C₁₂-アルキル、または $-(CH_2)_nN^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、nは1~20であり、R²⁰はそれぞれ独立してC₁-C₆-アルキルであり、Xはアニオンである。これは、R³、R⁴、R⁷、R⁸は独立してC₁-C₁₂-アルコキシ、またはC₆-C₁₂-アリーロキシであり；R⁵およびR⁶はHである、場合を含む。これはまた、R¹およびR²は独立してC₁-C₁₂-アルコキシであり；R³、R⁴、R⁷、R⁸は独立してC₁-C₁₂-アルコキシであり；R⁵およびR⁶はHであり；R⁹およびR¹⁰は独立してC₁-C₁₂-アルコキシであり；R¹¹およびR¹²は独立してC₁-C₁₂-アルキルまたは $-(CH_2)_nN^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、nは1~20であり、R²⁰はそれぞれ独立してC₁-C₆-アルキルであり、Xはアニオンである、場合を含む。式(I)として表されるトリフェノジチアジンの一例示の実施形態では、R¹およびR²は独立してメトキシ、エトキシル、n-プロポキシ、iso-プロポキシ、n-ブトキシ、sec-ブトキシ、またはt-ブトキシであり；R³、R⁴、R⁷、R⁸は独立してメトキシ、エトキシル、n-プロポキシ、iso-プロポキシ、n-ブトキシ、sec-ブトキシ、またはt-ブトキシであり；R⁵およびR⁶はHであり；R⁹およびR¹⁰は個別にメトキシ、エトキシル、n-プロポキシ、iso-プロポキシ、n-ブトキシ、sec-ブトキシ、またはt-ブトキシであり；R¹¹およびR¹²は独立してメチル、エチル、n-プロピル、iso-プロピル、n-ブチル、iso-ブチル、sec-ブチル、t-ブチル、または $-(CH_2)_nN^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、nは1~6であり、R²⁰はそれぞれ独立してメチル、エチル、n-プロピル、iso-プロピル、n-ブチル、iso-ブチル、sec-ブチル、またはt-ブチルであり、Xはアニオンである。

【0032】

上記いずれかの実施形態において、Xは、F⁻、Cl⁻、Br⁻、I⁻、BF₄⁻、PF₆⁻、SbF₆⁻、AsF₆⁻、ClO₄⁻、SO₃CF₃⁻、N(CN)₂⁻、N(CF₃SO₂)₂⁻、C(CF₃SO₂)₃⁻、N(SO₂C₂F₅)₂⁻、Al(OC(CF₃)₃)₄またはBAR₄であってもよく、Arはアリールまたはフッ素化アリール基であってよい。一実施形態において、X⁻はBAR₄であり、Arはペンタフルオロフェニル基である。いくつかの実施形態において、Xはテトラフルオロボレートまたはビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミドアニオンである。本明細書のいずれかの化合物に示される場合、複数のXはこのようなアニオンの二つ以上の混合物としうる。

【0033】

本明細書に記載されるトリフェノジチアジンに加えて、エレクトロクロミック媒体は、少なくとも一つの溶媒および少なくとも1種類のカソード材料を含み得る。カソード材料はピオロゲン；例えば様々なポリチオフェンなどのポリマーフィルム、高分子ピオロゲン；無機フィルム；または、限定されるものではないが、タングステン酸化物を含む固体遷移金属酸化物であり得る。

【0034】

典型的には、アノード材料およびカソード材料は、両方とも電気活性材料であり、また、それらの少なくとも一つはエレクトロクロミックである。その通常の意味にかかわらず、用語「電気活性」は、本明細書中では、特定の電位差にさらされると、その酸化状態で修飾を受ける材料として定義されるものと理解されよう。さらに、用語「エレクトロクロミック」は、本明細書中では、その通常の意味にかかわらず、特定の電位差にさらされると、一つまたは複数の波長でその消衰係数の変化を示す材料として定義されるものと理解されよう。

【0035】

エレクトロクロミック媒体は、他のアノード（すなわち、酸化可能）材料と組み合わせた式（I）のトリフェノジチアジンの混合物を含み得る。例示的アノード材料は、メタロセン、5,10-ジヒドロフェナジン、フェノチアジン、フェノキサジン、カルバゾール、トリフェノジチアジン、および関連する化合物を含みうるが、これらに限定されない。エレクトロクロミック媒体に含まれるアノード材料は、いくつかの材料のいずれか一つが含まれてもよく、このような材料として、フェロセン、置換フェロセン、置換フェロセニル塩、フェナジン、置換フェナジン、フェノチアジン、置換フェナジン、フェノチアジン、ならびに置換ジチアジン、チアントレン、および置換チアントレンなどの置換フェノチアジンを含みうる。アノード材料の例には、ジ-tert-ブチル-ジエチルフェロセン、5,10-ジメチル-5,10-ジヒドロフェナジン（DMP）、3,7,10-トリメチルフェノチアジン、2,3,7,8-テトラメトキシチアントレン、10-メチルフェノチアジン、テトラメチルフェナジン（TMP）、及びビス（ブチルトリエチルアンモニウム）-para-メトキシトリフェノジチアジン（TPDT）が含まれ得る。

【0036】

アノード材料が、ポリアニリン、ポリチオフェン、高分子メタロセンなどのポリマーフィルム、または、限定されるものではないが、バナジウム、ニッケル、イリジウムの酸化物を含む固体遷移金属酸化物、さらには多数の複素環式化合物、その他の酸化物を含みうることも企図されている。米国特許第4,902,108号、第6,188,505号、第6,710,906号、および第7,428,091号に開示されたものを含め、多数のその他のアノード材料が使用のために企図されていることが理解されるであろう。別の実施形態では、アノード電気活性材料のうちの一つは、置換または非置換フェナジン化合物を含む。別の実施形態では、アノード電気活性材料のうちの一つは、置換または非置換2,7-ジアルキル-5,10-ジアルキル-5,10-ジヒドロフェナジン化合物を含む。別の実施形態では、フェナジン化合物に結合した5,10-ジアルキル基の少なくとも一つのアルキル基は、少なくとも4個の炭素原子を含み、水素原子を欠いており、フェナジン化合物に結合した2,7-ジアルキル基の少なくとも一つのアルキル基は少なくとも四つの炭素を含む。別の実施形態では、フェナジン化合物に結合した5,10-ジアルキル基の少なくとも一つのアルキル基は、置換または非置換ネオペンチル基を含み、フェナジン化合物に結合した2,7-ジアルキル基の少なくとも一つのアルキル基は、置換または非置換イソプロピル、イソブチル、（2-エチルブチル）、または（2-プロピルペンチル）基を含む。一部の実施形態では、フェナジン化合物に結合した5,10-ジアルキル基の少なくとも一つのアルキル基は、ネオペンチル基を含み、フェナジン化合物に結合した2,7-ジアルキル基の少なくとも一つのアルキル基は、2-エチル-1-ブタノール基を含む。別の実施形態では、フェナジン化合物に結合した5,10-ジアルキル基の少なくとも一つのアルキル基は、ネオペンチル基を含み、フェナジン化合物に結合した2,7-ジアルキル基の少なくとも一つのアルキル基は、イソブチル基を含む。

【0037】

一部の実施形態では、エレクトロクロミック媒体の溶媒には、限定されるものではないが、3-メチルスルホラン、ジメチルスルホキシド、ジメチルホルムアミド、テトラグライム、及び他のポリエーテル類と、エトキシエタノールなどのアルコール類と、アセトニ

トリル、グルタロニトリル、3-ヒドロキシプロピオニトリル、及び2-メチルグルタロニトリルなどのニトリル類と、2-アセチルピチロラクトン、シクロペンタノンなどのケトン類と、 γ -プロピオラクタン、 γ -ピチロラクトン、及び γ -バレロラクトンを含む環状エステル類と、プロピレンカーボネート(PC)、エチレンカーボネートと、オリゴエーテル類と、ピリジニウム化合物、イミダゾリウム化合物などのイオン液体、およびこのような溶媒のいずれか二つ以上の均質混合物が含まれる。溶媒がイオン液体を含む場合、対イオンは F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 、 BF_4^- 、 PF_6^- 、 SbF_6^- 、 AsF_6^- 、 ClO_4^- 、 $SO_3CF_3^-$ 、 $N(CN)_2^-$ 、 $N(CF_3SO_2)_2^-$ 、 $C(CF_3SO_2)_3^-$ 、 $N(SO_2C_2F_5)_2^-$ 、 $Al(OC(CF_3)_3)_4^-$ または BAR_4^- とすることができ、Arはアリールもしくはフッ素化アリール基、またはイオン液体に使用されるその他の対イオンでありうる。一実施形態において、対イオンは BAR_4^- であり、Arはペンタオロフェニル基である。別の実施形態では、エレクトロクロミック組成物は、プロピレンカーボネートを含む溶媒を含みうる。エレクトロクロミック組成物に関連して特定の溶媒が開示されている一方で、それらの前に本開示を有する当業者に知られている多数の他の溶媒も同様に使用することが企図される。例えば、溶媒に加えて、エレクトロクロミック媒体はゲル組成物でありうる。

【0038】

エレクトロクロミック媒体では、一つまたは複数の材料は、デバイスの動作中に相変化し、例えば、イオン伝導性電解質の溶液中に含有される材料は、電気化学的に酸化または還元された場合に導電性電極上に層を形成する。

【0039】

さらに、エレクトロクロミック媒体は、光吸収剤、光安定剤、熱安定剤、抗酸化剤、脱酸素剤、増粘剤、粘度調整剤、色合い付与剤、レドックス緩衝剤、およびこのような材料のいずれか二つ以上の混合物など、その他の材料を含みうる。例示的UV安定化剤には、2-エチル-2-シアノ-3,3-ジフェニルアクリラート、(2-エチルヘキシル)-2-シアノ-3,3-ジフェニルアクリラート、Ciba-Geigy Corp.がTinuvin Pの商標で販売する2-(2'-ヒドロキシ-4'-メチルフェニル)ベンゾトリアゾール、Ciba-Geigy Corp.が販売するTinuvin 213から従来の加水分解に続く従来のエステル化により調製される3-[3-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-5-(1,1-ジメチルエチル)-4-ヒドロキシフェニル]プロピオン酸ペンチルエステル(以下「Tinuvin PE」と呼ぶ)、2,4-ジヒドロキシベンゾフェノン、2-ヒドロキシ-4-メトキシベンゾフェノン、および2-エチル-2'-エトキシアラニリドが含まれるがこれらに限定されない。

【0040】

一実施形態では、エレクトロクロミック媒体はアノードおよび/またはカソード色安定化レドックス緩衝剤をさらに含む。適切なレドックス緩衝剤は、とりわけ、米国特許第6,188,505号に開示されるものである。適切なアノードおよびカソードレドックス緩衝剤のその他の例には、メタロセン(例えば、置換フェロセン)、およびメタロシニウム(例えば、フェロシニウム)化合物が含まれるがこれらに限定されない。

【0041】

一実施形態では、エレクトロクロミック媒体は、架橋ポリマーマトリクス、フリースタンディングゲル、および/または実質的に非滲出性のゲルをさらに含みうる。

【0042】

エレクトロクロミック媒体は、層状に作製されてもよく、導電性の電極に対して直接付着またはそれに極めて近接して拘束された材料を含んでおり、材料は、電気化学的に酸化または還元された際に付着または拘束されたままである。

【0043】

電子光学媒体は、少なくとも一つの波長帯に対して実質的に透明と実質的に不透明との間で動作可能である。

【0044】

一態様では、本明細書に記述したエレクトロクロミック化合物を含むエレクトロクロミック媒体、ならびに第一の基材の第一の導電性表面、第二の基材の第二の導電性表面、および第一の基材を第二の基材に連結する密封部材によって画定された少なくとも一つのチャンパーを含むエレクトロクロミックデバイスが提供されている。エレクトロクロミック媒体はチャンパー内に配置される。第一および第二の基材は互いにオフセットされて、第一および第二の導電性表面との電気接点を可能にしうる。

【0045】

エレクトロクロミックデバイスの概略図を図1に示す。エレクトロクロミックデバイス100は、前面112Aおよび裏面112Bを持つ第一の基材112、ならびに裏面114Aおよび表面114Bを持つ第二の基材114を含む。前面112Aおよび裏面114Aはそれぞれ導電性表面118および120と関連している。第一の基材112および第二の基材114は封止部材122と共に、エレクトロクロミック媒体124を包含するためのチャンパー116を画定する。デバイスは、一つまたは複数の注入口128と関連付けられた一つまたは複数のプラグ126および130も含む。一つまたは複数の注入口128は、第一の基材112、第二の基材114、または封止部材122内に配置しうる。ミラー、ウィンドウ、またはその他のデバイスとして取り付けられた時、エレクトロクロミックデバイス100は随意に、第一の基材112および第二の基材114の少なくとも一つの外縁の周りに延長して、バスコネクタ(ある場合)、封止部材122、一つまたは複数のプラグ126および130、ならびに一つまたは複数の注入口128を覆い隠すおよび/または保護するベゼルを含みうる。

【0046】

米国特許第5,818,625号、第6,597,489号、および第6,700,692号に開示されたものを含むがこれらに限定されないその他いくつかのエレクトロクロミックデバイス構成が使用のために企図されており、これらの特許すべては、それらに組み込まれたすべての参考文献を含め、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0047】

一部の実施形態では、第一の基材は、例えば、ホウケイ酸ガラス、ソーダ石灰ガラス、天然および合成ポリマー樹脂、プラスチック、および/またはポリエステル(例えば、PET)、ポリイミド(PI)、ポリカルボナート、ポリスルホン、ポリエチレンナフタレート(PEN)、エチレンビニルアセタート(EVA)、アクリラートポリマー、ならびにTopas(登録商標)など、電磁スペクトルの可視およびNIR領域の透明または実質的に透明ないくつかの材料のいずれか一つから作製しうる。別の実施形態では、第一の基材は、約0.10ミリメートル(mm)~約12.7mmの範囲の厚さを持つガラスのシートから作製される。これには、約0.50mm~約1.50mm、または約0.65mm~約1.00mmなど、任意の範囲の厚さを含みうる。もちろん、基材の厚さはエレクトロクロミックデバイスの特定用途に依存する。特定の基材材料が開示されたが、例示目的のみであり、使用目的の条件で効率的に作動することができるように、材料が少なくとも実質的に透明で、強度などの適切な物理的特性を示す限り、多数のその他の基材材料が使用のために同様に企図されていることが理解されるであろう。実際に、本発明によるエレクトロクロミックデバイスは、通常の作動中に、極度の温度変動ならびに主に太陽から発する相当量のUV放射に曝露されうる。第一の基材および/または第二の基材は、基材および/エレクトロクロミック媒体をUV損傷から保護するのを助けるために、UV吸収層を備える、および/またはUV吸収材料を含有しうるということがさらに理解されるであろう。

【0048】

一部の実施形態では、第二の基材は第一の基材の材料と類似の材料から作製することができる、または第二の基材の透明性が望ましくない場合は、第二の基材は金属としうる。第二の基材は、約0.10mm~約12.7mmの範囲の厚さを持つガラスまたはプラスチックのシートから作製される。これには、約0.50mm~約1.50mm、または約0.65mm~約1.00mmの厚さを含みうる。第一および第二の基材がガラスのシー

トから作製される場合は、ガラスは導電性材料の層でコーティングする前またはその後、随意に焼き、熱強化、化学強化、および/または積層化することができる。

【0049】

導電性材料の一つまたは複数の層が、第一の基材の裏面と関連付けられうる。これらの層はエレクトロクロミックデバイスの電極としての役割を果たす。導電性材料は望ましくは、(a)電磁スペクトルの可視および/またはNIR領域で実質的に透明であり、(b)第一の基材とある程度うまく結合し、(c)封止部材と関連付けられた時この結合を維持し、(d)エレクトロクロミックデバイスまたは雰囲気内に含まれる材料からの腐食に一般的に抵抗性であり、(e)最小の拡散または正反射率ならびに十分な導電性を示す材料である。導電性材料はフッ素ドーパ酸化スズ(FTO)、例えば、TECガラス、酸化インジウム/スズ(ITO)、ドーパ酸化亜鉛、酸化インジウム亜鉛、酸化金属/金属/酸化金属(酸化金属は金属炭化物、金属窒化物、金属硫化物などで置換されうる)またはその他の当業者に公知の材料から作製されうることが企図されている。

【0050】

第一の基材の裏面と関連するものと同一または異なる材料で作られた導電性材料の一つまたは複数の層を第二の基材の前面と関連付けることができる。導電性材料は、第一の基材と関連する導電性材料と封止部材によって随意に結合されうる。一旦結合されると、封止部材、プラグおよび/または導電性材料の並置された部分は、チャンバーの内側の周辺形状を概して画定する役割を果たしうる。あるいは、米国特許第7,372,611号に開示されている端封技術を使用しうる。

【0051】

一部の実施形態では、第一の実質的に透明な基材および第二の実質的に透明な基材は600 μ m未満のセル距離を持つ。別の実施形態では、第一の実質的に透明な基材および第二の実質的に透明な基材は、約150 μ m~約600 μ m、約200 μ m~約300 μ m、約225 μ m~約275 μ m、またはこれらの値のいずれか二つの間の範囲(終点を含む)のセル距離を持つ。別の実施形態では、第一の実質的に透明な基材および第二の実質的に透明な基材は、約350 μ m、300 μ m、275 μ m、250 μ m、225 μ m、200 μ m、175 μ m、150 μ m、125 μ m、100 μ m、90 μ m、80 μ m、70 μ m、60 μ m、50 μ m、40 μ m、30 μ m、20 μ m、10 μ m、またはこれらの値のいずれか二つの間の範囲(終点を含む)のセル距離を持つ。別の実施形態では、第一の実質的に透明な基材および第二の実質的に透明な基材は約250 μ mのセル距離を持つ。

【0052】

一部の実施形態では、封止部材は、第一および第二の基材上にコーティングされた導電性材料と接着結合し、次にチャンバーを封止するように構成された任意の材料を含み得、(特定の実施形態では、プラグおよび注入口と協働して)エレクトロクロミック組成物がチャンバーから不注意に漏出しないように、または外部雰囲気に曝露されないようにする。封止部材はそれぞれの基材の裏面および前面までずっと延長することが企図されている。このような実施形態では、第一および第二の基材上にコーティングされた導電性材料の層は、封止部材が位置付けられた場所で部分的に除去しうる。導電性材料がそれぞれの基材と関連付けられていない場合、封止部材はガラスによく結合することが好ましい。封止部材は、例えば、米国特許第4,297,401号、第4,418,102号、第4,695,490号、第5,596,023号、第5,596,024号、第6,157,480号、および第6,714,334号に開示されるものを含む、いくつかの材料のいずれか一つから作製できることが理解されるであろう。

【0053】

一部の実施形態では、エレクトロクロミック媒体中のトリフェノジチアジン(アノード)材料および/またはカソード材料の濃度は約1ミリモル(mM)~約500mMでありうる。一部の実施形態では、エレクトロクロミック媒体中のアノード材料および/またはカソード材料の濃度は約2mM~約100mMでありうる。

【0054】

一実施形態では、アノード電気活性材料の少なくとも一つは、少なくとも5 mMの濃度を有する。別の実施形態では、アノード電気活性材料の少なくとも一つは、約2 mM～約100 mM、約5 mM～約50 mM、約7 mM～約50 mM、またはこれらの値のいずれか二つの間の範囲（終点を含む）の濃度を有する。別の実施形態では、アノード電気活性材料の少なくとも一つは、約5 mM～約7 mMの濃度を有する。別の実施形態では、第二のアノード電気活性材料は、約40 mM～約50 mMの濃度を有する。

【0055】

一実施形態では、カソード電気活性材料の少なくとも一つは、少なくとも50 mMの濃度を有する。別の実施形態では、カソード電気活性材料の少なくとも一つは、約50 mM～約100 mM、約60～約90 mM、約70 mM～約80 mM、またはこれらの値のいずれか二つの間の範囲（終点を含む）の濃度を有する。さらに別の実施形態では、カソード電気活性材料の少なくとも一つは、約10 mM～約50 mM、約20～約90 mM、約30 mM～約80 mM、またはこれらの値のいずれか二つの間の範囲（終点を含む）の濃度を有する。

【0056】

本明細書に記述したエレクトロクロミック化合物を用いる例示的エレクトロクロミックデバイスには、例示目的のみで、ウィンドウ、航空機透明性、ミラー、表示装置、光フィルタなどが含まれる。本明細書で言及された同様または類似の要素および/または部品、および/または方法は、図面全体に渡って同様の参照文字で特定しうることを理解されたい。一部の実施形態では、エレクトロクロミックデバイスはエレクトロクロミックウィンドウまたはエレクトロクロミックミラーである。一部の実施形態では、デバイスは車両内部エレクトロクロミックミラーである。一部の実施形態では、デバイスは可変透過エレクトロクロミックウィンドウである。一部の実施形態では、デバイスは航空機窓システムである。エレクトロクロミックデバイスのその他の用途には、腕時計のスクリーン、計算機およびコンピュータ表示画面、メガネおよびサングラスなどのアイウェア、切り替え可能ミラー、サンバイザー、自動車、建築、航空機、海洋、および宇宙船ウィンドウ、情報表示ボードおよびデジタルビルボードおよび同種のものが含まれる。

【0057】

一部の実施形態では、エレクトロクロミックデバイスは、切替可能な電子光学赤外線フィルタである。一部の実施形態では、切替可能な電子光学赤外線フィルタは、電子光学セルを含む。一部の実施形態では、電子光学セルは、第一の表面および第二の表面を画定する第一の基材5a（「基材1」とも称される）および第三の表面および第四の表面を画定する第二の基材5b（「基材2」とも称される）を含む（図5）。第二および第三の表面（「表面2」および「表面3」とも称される）のそれぞれは、ITOなどの導電層（6a、6b）を含む。第一および第二の基材は、第二および第三の表面が互いに離間した関係で、封止部材7をその間において対向するように位置付けられ、エレクトロクロミック媒体8で充填されたくぼみを形成する。エレクトロクロミック媒体は、光の一つまたは複数の波長帯に対して可変的に透過性である。電気接点は、電子光学媒体をその実質的に無色および実質的に有色状態の間で切り替えるために電流を提供するために、第二および第三の表面導電層に対して設けられる。一部の実施形態では、電子光学セルは、無色状態（例えば、透明状態）、または実質的に無色状態で、近赤外光に対して20%、30%、40%、50%、60%、70%、または80%超の透過率を有する。一部の実施形態では、電子光学セルは、有色状態（例えば、不透明状態）、または実質的に有色状態で、近赤外光に対して60%、50%、40%、30%、20%、10%、9%、8%、7%、6%、5%、4%、3%、2%、1%、0.5%、または0.1%未満の透過率を有する。近赤外光に対する透過率および不透明度の変化レベルは、実質的に無色状態（すなわち、透明）と実質的に有色状態（すなわち、不透明）との間で電子光学セルを部分的に移行することによって得られ得る。

【0058】

一部の実施形態では、導電層に対する電気接点は、セルの各端部で電極面を露出するために、二つのガラス基体をオフセットすることによって単純化される（図6）。その他多くの電氣的接触方法は、従来技術（例えば、米国特許第8,274,729号に記載）で十分に特徴付けられされており、本明細書の使用に適用され得る。セルが給電されると、アノード材料はアノード表面で酸化され、カソード種はカソード表面で還元される。流体セルを自由に拡散するために、これらの活性化種（すなわち、酸化アノード種および/または還元カソード種）は、次いで、アノード表面とカソード表面との間のほぼ中間の領域に拡散し、通電状態の電極表面との相互作用の前に保持されていた酸化還元状態に戻す電子移動を経る。この拡散プロセスにより、酸化アノード種および還元カソード種の付加的吸収は、給電時に電子光学セルを通じた透過において観察される。特定の用途では、エレクトロクロミック種のうちの一つのみの吸収が、電子光学セルの特定の領域で観察されることが好ましい場合がある。これらの用途では、電子光学セルの電極表面は、カソード化合物の還元領域からアノード化合物の酸化領域を空間的に分離し、十分な大きさの電圧が印加されると、セルの一つまたは複数の官能ゾーンを形成するように構成され得る。本明細書で使用される場合、「官能ゾーン」は、酸化アノード種または還元カソード種を含むが、両方ではない。

【0059】

図7は、分離された電極セル設計の非限定的な例を示す。第一の基材11a、第二の基材11b、および封止13は、エレクトロクロミック媒体14を収容するチャンパーを画定する。表面2および3上の電極層の活性領域は分離され、表面2および3に垂直な任意の視点から見たときに重複しない（12で示される電氣的分離）。これにより、カソード種の還元がカソードの活性領域（10b）に限られ、アノード種の酸化がアノードの活性領域（10a）に限られ、十分な大きさの電圧が印加された時にセル内の二つの別々の官能ゾーンがもたらされる。二つのゾーン間の電解物の拡散は、荷電平衡を維持する。活性電極領域の分離（12）は、切除、エッチング、マスキング、パッシベーション、およびパターンニングなどの多くの手段とし得る。

【0060】

一部の実施形態では、エレクトロクロミック切替可能光学フィルタとして使用されるように設計された分離された電極セルは、図8に示すものと類似した形態を有する。封止部材23を有する基材20aおよび基材20bは、エレクトロクロミック媒体を有するチャンパーを画定する。アノード21の活性部分は、基材20bの表面3上のフィルタ（中央）の活性領域に位置し、カソード22の活性部分は基材20aの表面2上の周辺部に限定される。アノードおよびカソードの活性領域は、表面2と3との間に画定される間隙にわたって重複しない。この配置は、フィルタの活性領域内のフィルタとしてのアノード種の有色バージョン（酸化）を示す。この配置はまた、その吸収がフィルタ色に影響を与えないように、カソード種の有色バージョン（還元）をフィルタの活性領域から分離させる。

【0061】

一部の実施形態では、分離された電極セルは、図9に示すものと類似した形態を有する。図9の上半分は、分離された電極セルの分解図を示し、下半分はセルの側面図を示す。活性カソード領域30を有する第一の基材は、活性アノード領域31を有する第二の基材とオフセットして配置される。封止部材33を有する二つの基材は、エレクトロクロミック媒体を含むチャンパーを画定する。活性カソード領域30（グレーで着色）は、レーザーアブレーションによって第一の基材上の非活性領域（着色なし）から分離される。同様に、活性アノード領域31（グレーで着色）は、レーザーアブレーション第二の基材上の非活性領域（着色なし）から分離される。カソード（30a）およびアノード（31a）領域に対する電気接点が示される。非活性領域は電気接点を欠いており、エレクトロクロミック媒体内の電気活性材料を酸化または還元させることはできない。第一および第二の基材に垂直な視点から見たとき、活性カソード領域による活性アノード領域の閉塞はほとんどなく、十分な大きさの電圧を印加したときに、セル内の二つの官能ゾーンが得られ、一つのゾーンは酸化アノード種を含むが還元カソード種は含まず、もう一方のゾーンは還

元カソード種を含むが酸化アノード種は含まない。酸化アノード種（例えば、第二および/または第三の酸化状態における本技術の一つ以上のNIR化合物）は、フィルタの活性領域として機能し得る。

【0062】

一部の実施形態では、分離された電極セルは、図13に示すものと類似した形態を有する。図13の上半分は、分離された電極セルの分解図を示し、下半分はセルの側面図を示す。活性カソード領域30を有する第一の基材は、活性アノード領域31を有する第二の基材とオフセットして配置される。封止部材33を有する二つの基材は、エレクトロクロミック媒体を含むチャンパーを画定する。活性カソード領域30（グレーで着色）は、レーザーアブレーションによって第一の基材上の非活性領域（着色なし）から分離される。活性アノード領域31が位置する第二の基材上にレーザーアブレーションは実施されない。カソード（30a）およびアノード（31a）領域に対する電気接点が見られる。非活性領域は電気接点を欠いており、エレクトロクロミック媒体内の電気活性材料を酸化または還元させることはできない。第一および第二の基材に垂直な視点から見たとき、活性カソード領域による活性アノード領域の部分的閉塞があり、十分な大きさの電圧が印加されると、一つの官能ゾーンがセル内にもたらされ、官能ゾーンは酸化アノード種（第二および/または第三の酸化状態における本技術の一つまたは複数のNIR化合物）を含む。この官能ゾーンは、フィルタの活性領域として機能し得る。

【0063】

本明細書で説明した切替可能な電子光学赤外線フィルタは、図15に示す撮像素子アセンブリに組み込まれてもよく、フィルタ41は、回路基板40上の撮像装置とレンズ組立品42との間に位置する。

【0064】

したがって一般的に記載された本発明は、以下の実施例を参照することでより明らかとなるが、以下の実施例は説明のために提供されるのであって、本発明を限定するものではない。

【実施例】

【0065】

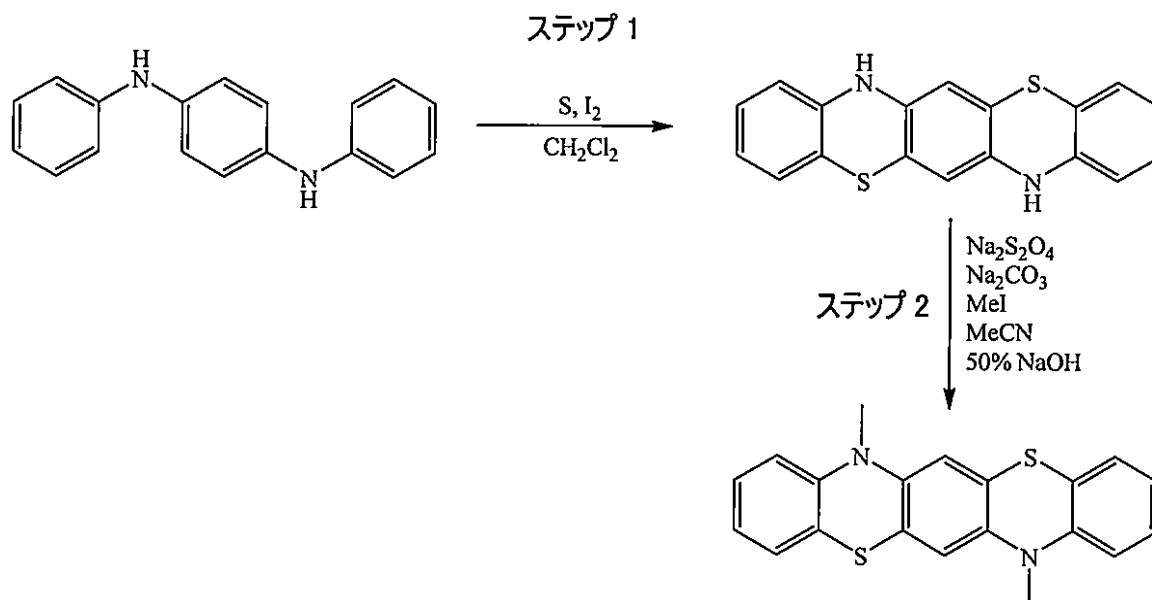
以下の例は上述のさまざまな実施形態による化合物およびデバイスの作製についてのプロトコルをより具体的に示す。これらの例は、決して本技術の範囲を限定するとして解釈されるべきでない。

【0066】

実施例1（比較）： 7, 14 - ジメチルトリフェノジチアジンの合成。

ここで説明するように、この化合物は二つのステップにより合成された：

【化6】



【0067】

ステップ1．500 ml の3首丸底フラスコに、N, N' - ジフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン (26 g、0.099 mol)、硫黄 (10 g)、ヨウ素 (2.0 g)、およびジクロロベンゼン (130 ml) を加えた。反応混合物を24時間にわたり180に加熱した。反応混合物を室温まで冷却し、ヘキサン (200 ml) を加えた。生成物を濾過により収集し、ヘキサンで洗浄して、トリフェノジチアジン 27.2 g (収率95%) を得た。

【0068】

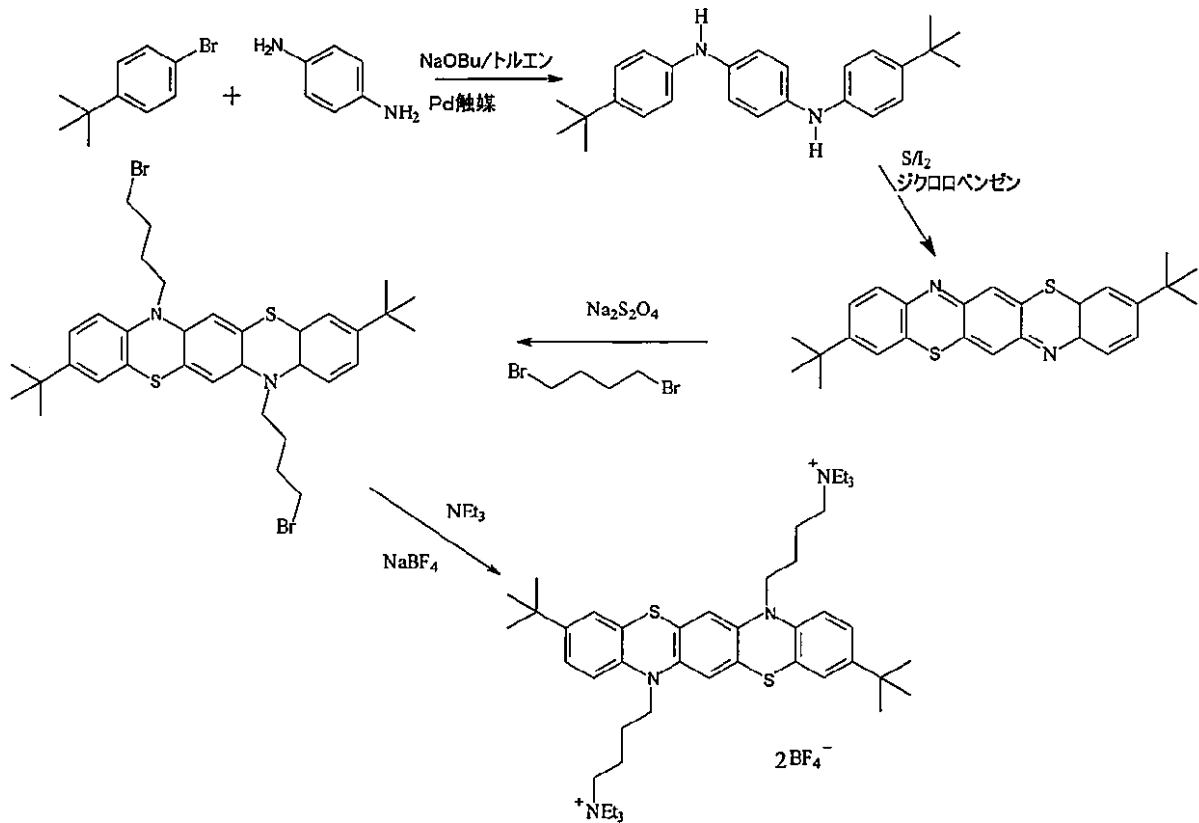
ステップ2．250 ml の3首丸底フラスコに、トリフェノジチアジン (7.00 g、0.022 mol)、亜ジチオン酸ナトリウム (7.0 g)、炭酸ナトリウム (10 g)、トリブチルメチルアンモニウムクロリド (1 ml)、水 (1 ml)、アセトニトリル (100 ml)、およびヨウ化メチル (20 ml) を加えた。反応混合物を72時間にわたり加熱還流した。さらなるヨウ化メチル (20 ml)、亜ジチオン酸ナトリウム (7.0 g)、炭酸ナトリウム (10 g) を加え、さらに24時間にわたり還流し、反応を完了させた。水 (150 ml) で急冷した後、ジメチルトリフェノジチアジンを濾過により収集し、水で洗浄して、6.6 g (収率86%) の生成物を得た。

【0069】

実施例2： 3, 10 - ジ - t - ブチル - 7, 14 - (4 - トリエチルアンモニウムブチル)トリフェノジチアジンビス (テトラフルオロボレート)。

生成物は、以下に説明するように四つのステップにより合成された。

【化 7】



【 0 0 7 0 】

ステップ 1 . N , N ' - ジ t - ブチル - 1 , 4 - フェニレンジアミン。火力乾燥された 2 リットルの 3 首の丸底フラスコが、1 , 4 - フェニレンジアミン (1 0 8 . 1 4 g 、 1 m o l) 、 4 - プロモ - t - ブチルベンゼン (4 4 7 . 3 g 、 2 . 1 m o l) 、 1 , 1 ' - ビス (ジフェニルホスフィノ) フェロセン (1 . 6 g 、 . 0 0 2 8 m o l) 、 トリス (ジベンジリデンアセトン) ジパラジン (0) (0 . 8 g 、 0 . 0 0 0 8 7 m o l) 、 ナトリウム t - ブトキシド (2 0 0 g 、 2 m o l) 、 および無水トルエン (1 3 0 0 m l) で充填された。反応混合物を 1 8 時間 に わり 8 0 ° に加熱した。反応混合物を室温まで冷却し、ヘキサン 1 0 0 0 m l を加えた。濾過後、固形物をヘキサンで洗浄した。次いで、生成物を亜ジチオン酸ナトリウム溶液 (1 L 水中 1 0 0 g) で 3 0 分間再懸濁し、再び濾過し、固形物を水と共に再懸濁し、乾燥させて 2 4 6 g (収率 6 6 %) を得た。

【 0 0 7 1 】

ステップ 2 . 3 , 1 0 - ジ - t - ブチルトリフェノジチアジン。ステップ 1 の生成物 (1 8 1 g 、 0 . 4 8 m o l) を充填した 5 L フラスコに、硫黄 (7 8 g) 、 ヨウ素 (1 1 . 4 g) およびジクロロベンゼン (8 0 0 m l) を加えて、フラスコを 4 8 時間 に わり 1 8 0 ° に加熱した。次いで反応混合物を室温まで冷却し、フェニルヒドラジン (3 2 . 6 m l) を加えた。2 0 重量 % の NaOH 溶液で洗浄されて形成された H₂S ガスとともに、反応混合物を 3 時間 に わり 1 6 0 ° に徐々に加熱した。次いで、反応混合物を室温まで冷却し、濾過により生成物を収集し、ヘキサンで洗浄して 9 7 g (収率 4 7 %) を得た。

【 0 0 7 2 】

ステップ 3 . 3 , 1 0 - ジ - t - ブチル - 7 - 1 4 - (4 - プロモブチル) トリフェノジチアジン。3 , 1 0 - ジ - t - ブチルトリフェノジチアジン (7 5 g 、 0 . 1 7 3 m o l) 、 5 0 % 水酸化ナトリウム (1 3 2 g) 、 亜ジチオン酸ナトリウム (7 5 g) 、 1 , 4 - ジプロモブタン (4 0 5 m l) 、 水 (1 3 2 m l) 、 およびトリブチルメチルアンモニウムクロリド (1 5 g) の混合物を 4 8 時間 に わり 8 0 ° に加熱した。反応物に対し

て、4回の垂ジチオン酸ナトリウム(15g)および50%の腐食剤(30g)を加え、混合物が紫色となったとき反応を完了した。反応が完了すると、反応混合物を1400mlのアセトニトリルと水の1:1混合物で急冷し、次いで室温まで冷却し、氷浴でさらに5時間冷却した。生成物を濾過により収集し、ヘキサンで洗浄した。固形物をヘキサン(400ml)中で懸濁し、収集し、乾燥して、55g(収率45%)の生成物を得た。

【0073】

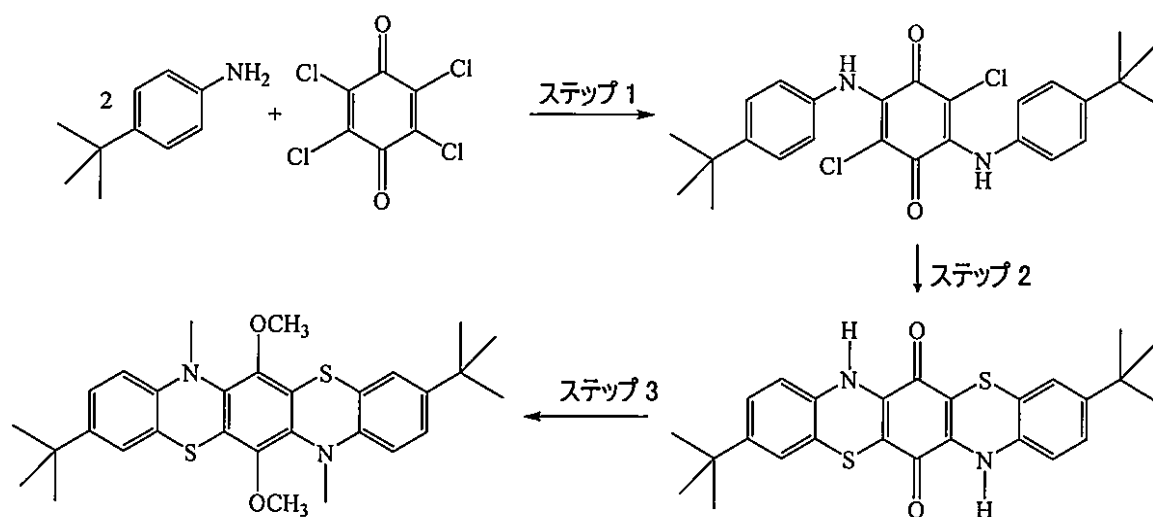
ステップ4.3, 10-ジ-t-ブチル-7, 14-(4-トリエチルアンモニウムブチル)トリフェノジチアジンビス(テトラフルオロボレート)。3, 10-ジ-t-ブチル-7-14-94-プロモブチル)トリフェノジチアジン(50g)およびアセトニトリル(641ml)中のトリエチルアミン(203ml)の溶液を24時間加熱還流した。反応混合物を室温まで冷却し、濾過によって収集した。所望の生成物の臭化物塩を、固形物をアセトニトリル(250ml)、水(200ml)、および4Mのテトラフルオロホウ酸ナトリウム(156ml)に溶解することにより、テトラフルオロボレートに変換した。溶液を2時間にわたり50℃に加熱し、次いで5℃まで冷却した。生成物を濾過により収集し、水で洗浄し、第二のアニオンメタセシス手順に供して51g(収率78%)の生成物を得た。

【0074】

実施例3: 3, 10-ジ-t-ブチル-6, 13-ジメトキシ-7, 14-ジメチルトリフェノジチアジン。

生成物は、以下に説明するように三つのステップにより合成された。

【化8】



【0075】

ステップ1. 1リットルの3首の丸底フラスコに、テトラクロロ-1,4-ベンゾキノ(16.45g、0.0669mol)酢酸ナトリウム(15g、0.182mol)、エタノール(350ml)を加えた。エタノール(150ml)に溶解している4-t-ブチルアニリン(25g、0.1675mol)を追加漏斗を介して反応混合物に徐々に加えた。結果として生じる発熱が治まった後、反応物を20時間還流した。室温まで冷却し、水(350ml)で反応物を急冷させた後、濾過し、水で洗浄して、乾燥後に30g(収率97%)の生成物を得た。

【0076】

ステップ2. 1リットルの3首丸底フラスコに、ステップ1の材料(30.6g)、硫黄(11g)、ヨウ素(1.75g)、およびジクロロベンゼン(270ml)を加えた。反応物を24時間にわたり173℃に加熱した。反応物を室温まで冷却し、濾過し、ヘキサンで洗浄して、所望の製品18.7g(収率62%)を得た。

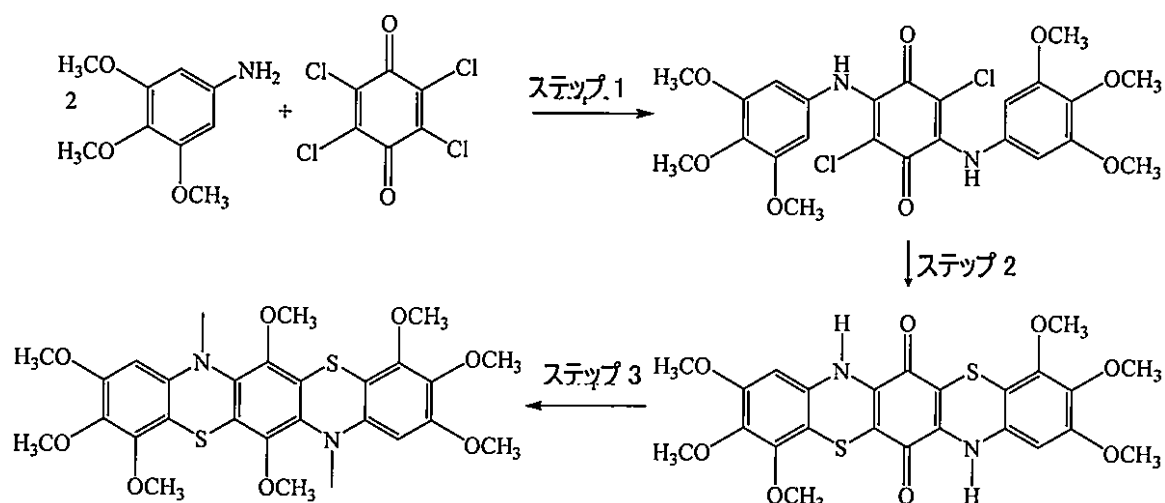
【0077】

ステップ3 . 1リットルの3首丸底フラスコに、ステップ2のTPDTZ (5 . 0 g)、亜ジチオン酸ナトリウム (8 . 0 g)、炭酸ナトリウム (10 . 0 g)、トリブチルメチルアンモニウムクロリド (1 . 0 m l)、水 (1 m l)、アセトニトリル (200 m l)、およびヨウ化メチル (20 m l)を加えた。反応混合物を24時間にわたり加熱還流し、次いで50%水酸化ナトリウム溶液 (20 m l)およびヨウ化メチル (50 m l)を加え、72時間にわたり還流を継続した。さらに50%水酸化ナトリウム溶液 (20 m l)およびヨウ化メチル (50 m l)を加え、反応を完了した。反応が完了した後、水 (400 m l)を加えて反応物を急冷した。反応混合物を室温まで冷却し、濾過して固形物を得、水で洗浄した。真空乾燥して生成物 (5 . 0 g、収率96%)を得た。

【0078】

実施例4 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 13 - オクタメトキシ - 7 - 14 - ジメチルトリフェノジチアジンの合成。

【化9】



【0079】

ステップ1 . 1リットルの3首丸底フラスコに、テトラクロロ - 1, 4 - ベンゾキノン (24 . 59 g、0 . 1 m o l)、酢酸ナトリウム (20 . 5 g、0 . 25 m o l)、エタノール (400 m l)、および3, 4, 5 - トリメトキシアニリン (38 . 5 g、0 . 21 m o l)を加えた。反応混合物を48時間にわたり還流した。室温まで冷却し、水 (700 m l)で反応物を急冷した。生成物を濾過し、水で洗浄した。生成物の真空乾燥により56 . 8 g (収率100%)が得られた。

【0080】

ステップ2 . 1リットルの3首の丸底フラスコに、ステップ1のN, N' - ビス (トリメトキシフェニル) - 3, 6 - ジクロロベンゾキノン (26 . 9 g)、硫黄 (8 . 4 g)、ヨウ素 (1 . 3 g)、およびジクロロベンゼン (200 m l)を加えた。反応物を72時間にわたり加熱還流した。反応物を室温まで冷却し、濾過し、ヘキサンで洗浄して、所望の製品27 g (収率100%)を得た。

【0081】

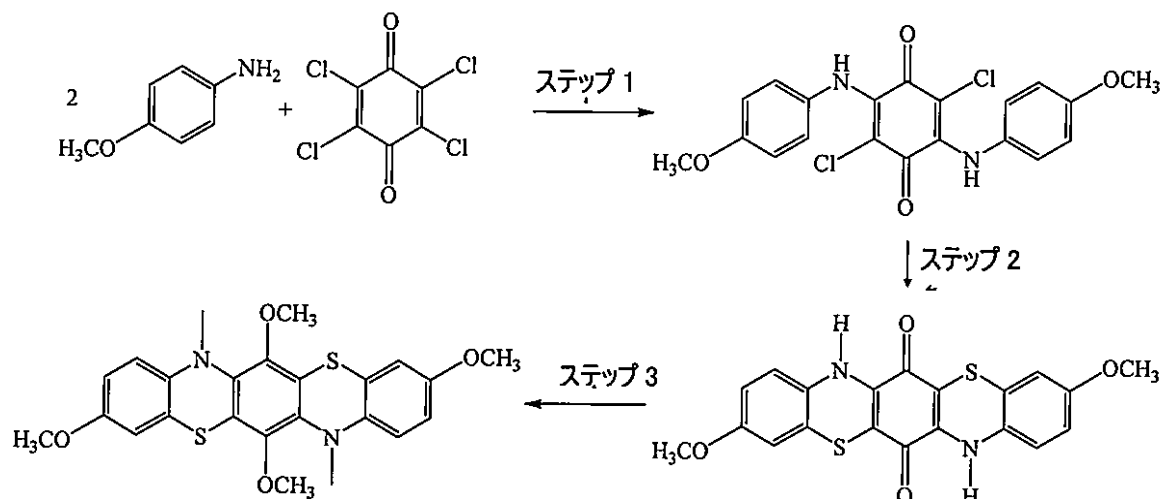
ステップ3 . 2リットルの3首丸底フラスコに、2, 3, 4, 9, 10, 11, - ヘキサメトキシ - トリフェノジチアジニキノン (17 . 5 g、0 . 033 m o l)、亜ジチオン酸ナトリウム (30 . 0 g)、炭酸ナトリウム (40 g)、50%水酸化ナトリウム溶液 (65 m l)、トリブチルメチルアンモニウムクロリド (5 m l)、アセトニトリル (200 m l)、DMF (100 m l)、およびヨウ化メチル (100 m l)を加えた。反応混合物を7日間にわたり加熱還流した。定期的に亜ジチオン酸ナトリウム、50%水酸化ナトリウム、およびヨウ化メチルを加え、反応を完了させた。反応が完了した後、水 (1000 m l)を加えて反応物を急冷した。反応混合物を室温まで冷却し、濾過して水で

洗浄した固形物を得た。生成物をTHFおよびアセトニトリルから再結晶して3.6g(収率18%)を得た。

【0082】

実施例5 3,6,10,13-テトラメトキシ-7,14-ジメチルトリフェノジチアジンの合成。

【化10】



【0083】

ステップ1. 5リットルの3首の丸底フラスコに、テトラクロロ-1,4-ベンゾキノン(30g、0.122mol)酢酸ナトリウム(36.9g、0.012mol)、エタノール(1000ml)を加えた。p-アニシジン(37g、0.3mol)をエタノール(600ml)中に溶解して反応混合物に徐々に加えた。反応混合物を48時間にわたり還流し、次いで室温まで冷却し、水(1500ml)で急冷した。生成物を濾過によって収集し、水で洗浄し、真空乾燥して所望の生成物(49g、収率40%)を得た。

【0084】

ステップ2. 2リットルの3首丸底フラスコに、N,N'-ビス(4-メトキシフェニル)-3,6-ジクロロベンゾキノン(49g、0.116)、硫黄(18.6g)、ヨウ素(2.7g)、およびジクロロベンゼン(700ml)を加えた。反応物を72時間にわたり加熱還流した。反応物を室温まで冷却し、ヘキサン500mlを加えた。濾過後、固形物をヘキサンで洗浄して、48.6g(収率100%)の所望の生成物を得た。

【0085】

ステップ2. 1リットルの3首丸底フラスコに、3,9-ジメトキシトリフェノジチアジニオン(13g、0.031mol)、亜ジチオン酸ナトリウム(20.0g)、炭酸ナトリウム(25g)、トリブチルメチルアンモニウムクロリド(2ml)、水(2ml)、アセトニトリル(200ml)、およびヨウ化メチル(50ml)を加えた。反応混合物を72時間にわたり加熱還流した。定期的に亜ジチオン酸ナトリウム、50%水酸化ナトリウム(25ml)、およびヨウ化メチルを加え、反応を完了させた。反応が完了した後、水(500ml)を加えて反応物を急冷した。反応混合物を室温まで冷却した。ゴム状の固形物を濾過し、水で洗浄した。固形物を高温THF中で溶解し、エタノールを加えた。生成物を分離して3.37g(収率21%)を得た。

【0086】

実施例6 近赤外線(NIR)分離電極フィルタデバイス。

【0087】

図9および図10に示されるNIR分離電極フィルタデバイスの非限定的な例として、カソード化合物(15Mmの1,1'-ジオクチル-4,4'-ピピリジニウムビス(テトラフルオロボレート))およびNIR吸収アノード化合物(7mMの3,10-ジメトキシ-7,14-(4-トリエチルアンモニウムブチル)トリフェノジチアジニウムビス(

テトラフルオロボレート))、および炭酸塩中の LiBF_4 電解質 (100 Mm) で充填された。デバイスは、表面2および表面3にレーザーアブレーションされた分離線を有するITOコーティングガラスを含み、二つの活性電極は大幅には重複しない。透過スペクトルデータおよびデバイスのスイッチング時間の評価を図11および図12にそれぞれ示す。

【0088】

特定の実施形態を例示して説明するが、以下の特許請求の範囲に定義するより広義な態様における技術から逸脱することなく、変更および修正が当業者においてなされ得ることが理解される。

【0089】

本明細書において例示的に記載する実施形態は、本明細書中で具体的に開示しない任意の1つまたは複数の要素、1つまたは複数の制限がなくとも適切に実施しうる。したがって、例えば、用語「含む (comprising)」、「含む (including)」、「含有する (containing)」等は、限定されることなく拡張的に読まれるものである。さらに、本明細書中で用いる用語および表現は、説明の観点から用いられているのであって制限の観点から用いられておらず、また、このような用語および表現の使用において、図示および記載する特徴のあらゆる均等物またはその一部を排除することは意図されておらず、特許請求する技術の範囲内で種々の修正が可能であることが認識される。また、語句「から本質的になる (consisting essentially of)」は、具体的に列記される要素、および特許請求の技術の基本的および新規の特性に物質的に影響を及ぼさない追加の要素を含むことが理解されよう。語句「からなる (consisting of)」は、特定しないいずれの要素をも排除するものである。

【0090】

本開示は、本明細書に記載の特定の実施形態の観点に限定されるものではない。当業者に明らかであるように、その趣旨および範囲から逸脱することなく、多くの修正および変形が可能である。本明細書に列挙する方法および組成物に加え、本開示の範囲内の機能的に均等な方法および組成物は、上記から当業者に明らかである。かかる修正および変形は、添付の特許請求の範囲内となることが意図される。本開示は添付の特許請求の範囲、およびかかる特許請求の範囲の均等物の全範囲の観点からのみ限定されるものである。本開示は、特定の方法、試薬、化合物、または生物系に限定されるものではなく、これらは当然のことながら変わりうることを理解されよう。また、本明細書で使用される用語は、特定の実施形態を説明するためだけのものであり、限定することを意図するものではないことも理解されたい。

【0091】

さらに、本開示の特徴または態様がマーカッシュグループの観点で記載される場合、当業者は、本開示が、マーカッシュグループの任意の個々のメンバーまたはメンバーのサブグループの観点でも記載されていることを認識するであろう。

【0092】

当業者には明らかなように、あらゆる目的、特に、記述を提供する観点において、本明細書に開示の範囲は全て、可能性のある全てのサブレンジおよびそのサブレンジの組み合わせをも包含する。列挙する範囲は、少なくとも1/2、1/3、1/4、1/5、1/10等に分割される同一の範囲を十分に説明および可能にすることは容易に認識され得る。非限定的な例として、本明細書に記載する各範囲は、下部1/3、中部1/3、上部1/3等に容易に分割可能である。同じく当業者には明らかなように、「最大 (up to)」、「少なくとも (at least)」、「よりも大きい (greater than)」、「未満 (less than)」等の全ての語句は、列挙される数を含み、上記のように以後にサブレンジに分割され得る範囲を指す。最後に、当業者には明らかなように、一つの範囲は個々のメンバーを含む。

【0093】

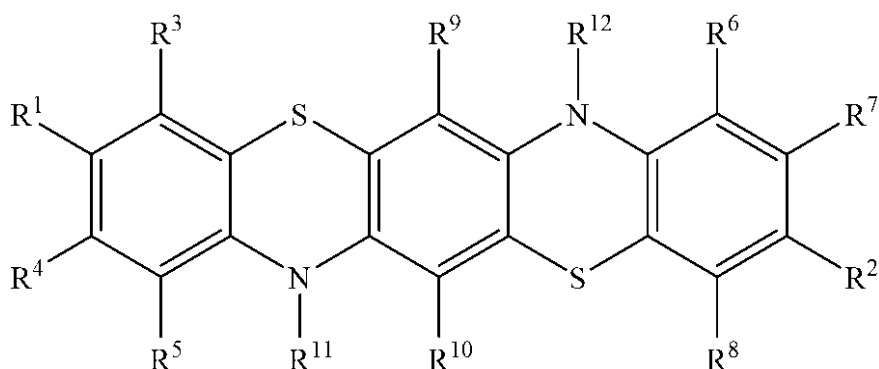
本明細書で言及される全ての個々の刊行物、特許出願、特許、または他の文献は、個々

の刊行物、特許出願、特許、または他の文献のそれぞれが、具体的かつ個々に参照によりその全体を組み込まれることを示すかのように、本明細書に参照によりその全体を組み込まれる。参照により組み込まれる文献に含有される定義は、本開示における定義に矛盾する程度で排除される。

【0094】

パラメータ A . 式 (I) :

【化11】



(I)

の化合物を含むエレクトロクロミックデバイスであって、

式中：

R¹およびR²は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R³、R⁴、R⁵、R⁶、R⁷、R⁸は独立してH、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R⁹およびR¹⁰は独立してアルコキシ、またはアリアルオキシ、またはR¹およびR²はアルキルであり、R⁹およびR¹⁰は独立してH、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R¹¹およびR¹²は独立してアルキルまたは $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]$ 、式中、nは1~20であり、

R²⁰はそれぞれ独立してアルキルであり、

Xはアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0095】

パラメータ B . パラメータAのエレクトロクロミックデバイスであって、式中、R¹およびR²は独立してC₁-C₁₂-アルコキシであって、式R²¹[O(CH₂)_x]_qO⁻の基、またはC₆-C₂₀-アリアルオキシであり、式中、R²¹はアルキルであり、xは1、2、3、または4であり、qは1~20の整数である、エレクトロクロミックデバイス。

【0096】

パラメータ C . パラメータAまたはBのエレクトロクロミックデバイスであって、式中、R⁹およびR¹⁰は共にC₁-C₁₂-アルコキシ、式R²¹[O(CH₂)_x]_qO⁻の基、またはC₆-C₂₀-アリアルオキシであり、式中、R²¹はアルキルであり、xは1、2、3、または4であり、qは1~20の整数である、エレクトロクロミックデバイス。

【0097】

パラメータ D . パラメータAのエレクトロクロミックデバイスであって、式中：

R¹およびR²は独立してアルキルであり、

R³、R⁴、R⁵、R⁶、R⁷、R⁸は独立してHであり、

R⁹およびR¹⁰は独立してHまたはアルコキシであり、

R¹¹およびR¹²は独立してC₁-C₁₂-アルキルまたはX⁻(R²⁰)₃N⁺(CH₂)_nであり、式中、nは1~10であり、

R²⁰はそれぞれC₁-C₆-アルキルであり、

Xはアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0098】

パラメータ E . パラメータ D のエレクトロクロミックデバイスであって、式中：

R^1 および R^2 は独立して $C_1 - C_6$ - アルキルであり、
 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立して H であり、
 R^9 および R^{10} は独立して H または $C_1 - C_6$ - アルコキシであり、
 R^{11} および R^{12} は独立してメチル、エチル、*n* - プロピル、*iso* - プロピル、*n* - ブチル、*iso* - ブチル、*sec* - ブチル、*t* - ブチル、または $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]^-$ であり、式中、*n* は 1 ~ 6 であり、
 R^{20} はそれぞれメチルまたはエチルであり、
 X はアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0099】

パラメータ F . パラメータ A のエレクトロクロミックデバイスであって、式中：

R^1 および R^2 は独立して $C_1 - C_{12}$ - アルコキシであり、
 R^3 、 R^4 、 R^7 、 R^8 は独立して $C_1 - C_{12}$ - アルコキシであり、
 R^5 および R^6 は H であり、
 R^9 および R^{10} は独立して $C_1 - C_{12}$ - アルコキシであり、
 R^{11} および R^{12} は独立して $C_1 - C_{12}$ - アルキル、または $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]^-$ であり、式中、*n* は 1 ~ 20 であり、
 R^{20} はそれぞれ独立して $C_1 - C_6$ - アルキルであり、
 X はアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0100】

パラメータ G . パラメータ A のエレクトロクロミックデバイスであって、式中：

R^1 および R^2 は独立してメトキシ、エトキシル、*n* - プロポキシ、*iso* - プロポキシ、*n* - ブトキシ、*sec* - ブトキシ、または *t* - ブトキシであり、
 R^3 、 R^4 、 R^7 、 R^8 は独立してメトキシ、エトキシル、*n* - プロポキシ、*iso* - プロポキシ、*n* - ブトキシ、*sec* - ブトキシ、または *t* - ブトキシであり、
 R^5 および R^6 は H であり、
 R^9 および R^{10} は独立してメトキシ、エトキシル、*n* - プロポキシ、*iso* - プロポキシ、*n* - ブトキシ、*sec* - ブトキシ、または *t* - ブトキシであり、
 R^{11} および R^{12} は独立してメチル、エチル、*n* - プロピル、*iso* - プロピル、*n* - ブチル、*iso* - ブチル、*sec* - ブチル、*t* - ブチル、または $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]^-$ であり、式中、*n* は 1 ~ 6 であり、
 各 R^{20} はそれぞれ独立してメチル、エチル、*n* - プロピル、*iso* - プロピル、*n* - ブチル、*iso* - ブチル、*sec* - ブチル、*t* - ブチルであり、
 X はアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0101】

パラメータ H . パラメータ A のエレクトロクロミックデバイスであって、式中、X は F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 、 BF_4^- 、 PF_6^- 、 SbF_6^- 、 AsF_6^- 、 ClO_4^- 、 $SO_3CF_3^-$ 、 $N(CN)_2^-$ 、 $N(CF_3SO_2)_2^-$ 、 $C(CF_3SO_2)_3^-$ 、 $N(SO_2C_2F_5)_2^-$ 、 $Al(OC(CF_3)_3)_4^-$ または BAR_4^- が含まれ、Ar はアリールまたはフッ素化アリール基である、エレクトロクロミックデバイス。

【0102】

パラメータ I . パラメータ A ~ H のうちのいずれか一つのエレクトロクロミックデバイスであって、式 (I) の化合物を含む アノード 材料を含むエレクトロクロミック媒体をさらに含む、エレクトロクロミックデバイス。

【0103】

パラメータ J . パラメータ I のエレクトロクロミックデバイスであって、エレクトロクロミック媒体がさらに溶媒を含む、エレクトロクロミックデバイス。

【0104】

パラメータ K . パラメータ A ~ J のうちのいずれか一つのエレクトロクロミックデバイスであり、カソード 材料をさらに含む、エレクトロクロミックデバイス。

【0105】

パラメータ L . パラメータ K のエレクトロクロミックデバイスであって、エレクトロクロミック媒体は、カソード材料をさらに含む、エレクトロクロミックデバイス。

【0106】

パラメータ M . パラメータ A ~ L のうちのいずれか一つのエレクトロクロミックデバイスであって、式 (I) の化合物は 3 , 10 - ジ - t - ブチル - 7 , 14 - ビス (4 - トリエチルアンモニウムブチル) 、トリフェノジチアジンビス (テトラフルオロボレート) ; 3 , 10 - ジ - t - ブチル - 6 , 13 - ジメトキシ - 7 , 14 - ジメチルトリフェノジチアジン ; 2 , 3 , 4 , 6 , 9 , 10 , 11 , 13 - オクタメトキシ - 7 - 14 - ジメチルトリフェノジチアジン ; 3 , 6 , 10 , 13 - テトラメトキシ - 7 - 14 - ジメチルトリフェノジチアジン、またはそれらのいずれか二つ以上の混合物である、エレクトロクロミックデバイス。

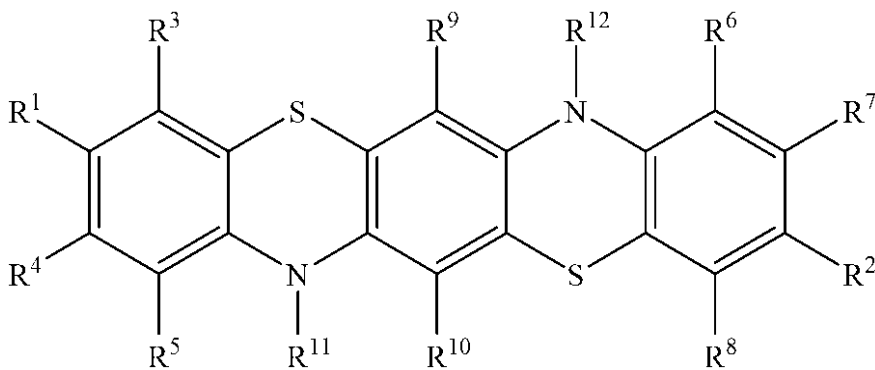
【0107】

パラメータ N . パラメータ A ~ M のうちのいずれか一つのエレクトロクロミックデバイスであって、ミラー、建築用窓、航空機窓、フィルタ、またはバッテリーである、エレクトロクロミックデバイス。

【0108】

パラメータ O . 式 (I) :

【化12】



(I)

の化合物であって、

式中 :

R^1 および R^2 は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R^9 および R^{10} は独立してアルコキシ、またはアリアルオキシ、または R^1 および R^2 はアルキルであり、 R^9 および R^{10} は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立してアルキルまたは $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]^-$ 、式中、 n は 1 ~ 20 であり、

R^{20} はそれぞれ独立してアルキルであり、

X はアニオンである、化合物。

【0109】

パラメータ P . パラメータ O の化合物であって、式中 :

R^1 および R^2 は独立してアルキルであり、

R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立して H であり、

R^9 および R^{10} は独立して H またはアルコキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立して $C_1 - C_{12}$ - アルキルまたは $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]^-$ であり、式中、 n は 1 ~ 10 であり、

R^{20} はそれぞれ独立して $C_1 - C_6$ - アルキルであり、

Xはアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0110】

パラメータ Q . パラメータ P の化合物であって、式中：

R¹およびR²は独立してC₁ - C₆ - アルキルであり、

R³、R⁴、R⁵、R⁶、R⁷、R⁸は独立してHであり、

R⁹およびR¹⁰は独立してHまたはC₁ - C₆ - アルコキシであり、

R¹¹およびR¹²は独立してメチル、エチル、n - プロピル、i s o - プロピル、n - ブチル、i s o - ブチル、s e c - ブチル、t - ブチル、または - (C H ₂) _n N ⁺ (R ²⁰) ₃ [X] ⁻ であり、式中、nは1 ~ 6であり、

R²⁰はそれぞれメチルまたはエチルであり、

Xはアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0111】

パラメータ R . パラメータ O の化合物であって、式中：

R¹およびR²は独立してC₁ - C₁₂ - アルコキシであり、

R³、R⁴、R⁷、R⁸は独立してC₁ - C₁₂ - アルコキシであり、

R⁵およびR⁶はHであり、

R⁹およびR¹⁰は独立してC₁ - C₁₂ - アルコキシであり、

R¹¹およびR¹²は独立してC₁ - C₁₂ - アルキルまたは - (C H ₂) _n N ⁺ (R ²⁰) ₃ [X] ⁻ であり、式中、nは1 ~ 20であり、

R²⁰はそれぞれ独立してC₁ - C₆ - アルキルであり、

Xはアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0112】

パラメータ S . パラメータ O の化合物であって、式中、XはF⁻、Cl⁻、Br⁻、I⁻、BF₄⁻、PF₆⁻、SbF₆⁻、AsF₆⁻、ClO₄⁻、SO₃CF₃⁻、N(CN)₂⁻、N(CF₃SO₂)₂⁻、C(CF₃SO₂)₃⁻、N(SO₂C₂F₅)₂⁻、⁻Al(OC(CF₃)₃)₄または⁻BAr₄が含まれ、Arはアリーールまたはフッ素化アリーール基である、化合物。

【0113】

パラメータ T . パラメータ O ~ S のうちのいずれか一つの化合物であって、3, 10 - ジ - t - ブチル - 7, 14 - ビス(4 - トリエチルアンモニウムブチル)、トリフェノジチアジンビス(テトラフルオロボレート)；3, 10 - ジ - t - ブチル - 6, 13 - ジメトキシ - 7, 14 - ジメチルトリフェノジチアジン；2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 13 - オクタメトキシ - 7 - 14 - ジメチルトリフェノジチアジン；または3, 6, 10, 13 - テトラメトキシ - 7 - 14 - ジメチルトリフェノジチアジンである、化合物。

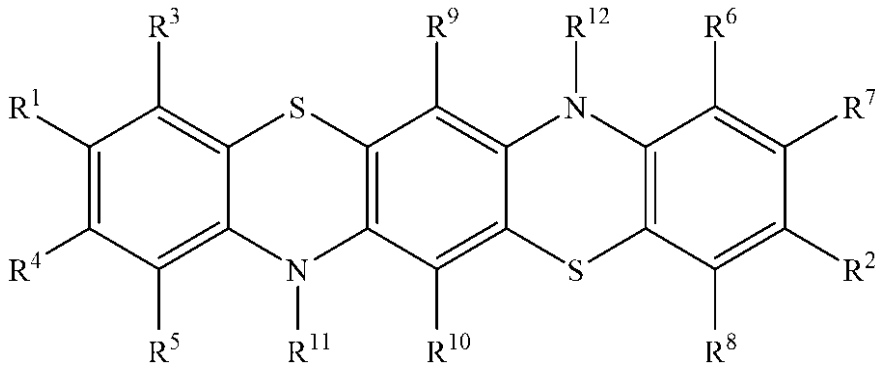
【0114】

パラメータ U . アノード化合物を含むエレクトロクロミックデバイスであって、印加される十分な大きさの電圧下で、アノード化合物が安定した第三の酸化状態に酸化される、エレクトロクロミックデバイス。

【0115】

パラメータ V . パラメータ U のエレクトロクロミックデバイスであって、アノード化合物が式(I)：

【化 1 3】



(I)

の化合物であって、

式中：

R^1 および R^2 は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R^9 および R^{10} は独立してアルコキシ、またはアリアルオキシ、または R^1 および R^2 はアルキルであり、 R^9 および R^{10} は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立してアルキルまたは $-(CH_2)_n N^+(R^{20})_3 [X]^-$ 、式中、 n は 1 ~ 20 であり、

R^{20} はそれぞれ独立してアルキルであり、

X はアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

【0116】

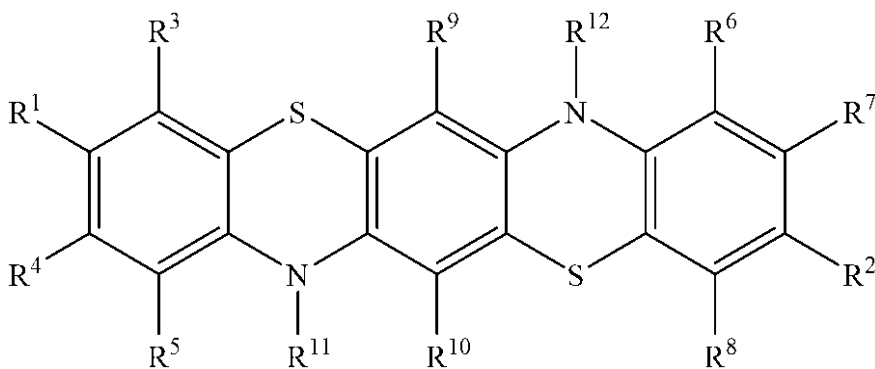
パラメータ W 、パラメータ U またはパラメータ V のエレクトロクロミックデバイスであって、ミラー、建築用窓、航空機窓、フィルタ、またはバッテリーである、エレクトロクロミックデバイス。

【0117】

他の実施形態については以下の請求項に記載する。

なお、本発明としては、以下の態様も好ましい。

〔1〕 式 (I)：



(I)

の化合物を含むエレクトロクロミックデバイスであって、

式中：

R^1 および R^2 は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立して H、アルコキシ、またはアリアルオキシであり、

R^9 および R^{10} は独立してアルコキシ、またはアリアルオキシであるか、或いは、 R^1 および R^2 がアルキルである場合は、 R^9 および R^{10} は独立して H、アルコキシ、またはアリ

ールオキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立してアルキルまたは $-(CH_2)_nN^+(R^{20})_3[X]$ 、式中、 n は1~20であり、

R^{20} はそれぞれ独立してアルキルであり、

X はアニオンである、エレクトロクロミックデバイス。

[2] R^1 および R^2 は独立して C_1-C_{12} -アルコキシ、式 $R^{21}[O(CH_2)_x]_qO-$ の基、または C_6-C_{20} -アリールオキシであり、式中、 R^{21} はアルキルであり、 x は1、2、3、または4であり、 q は1~20の整数である、[1]に記載のエレクトロクロミックデバイス。

[3] R^9 および R^{10} は共に C_1-C_{12} -アルコキシ、式 $R^{21}[O(CH_2)_x]_qO-$ の基、または C_6-C_{20} -アリールオキシであり、式中、 R^{21} はアルキルであり、 x は1、2、3、または4であり、 q は1~20の整数である、[1]に記載のエレクトロクロミックデバイス。

[4] R^1 および R^2 は独立してアルキルであり、

R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してHであり、

R^9 および R^{10} は独立してHまたはアルコキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立して C_1-C_{12} -アルキルまたは $X^-(R^{20})_3N^+(CH_2)_n$ であり、式中、 n は1~10であり、

R^{20} はそれぞれ C_1-C_6 -アルキルであり、

X はアニオンである、[1]に記載のエレクトロクロミックデバイス。

[5] R^1 および R^2 は独立して C_1-C_6 -アルキルであり、

R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してHであり、

R^9 および R^{10} は独立してHまたは C_1-C_6 -アルコキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立してメチル、エチル、 n -プロピル、*iso*-プロピル、 n -ブチル、*iso*-ブチル、*sec*-ブチル、*t*-ブチル、または $-(CH_2)_nN^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、 n は1~6であり、

R^{20} はそれぞれメチルまたはエチルであり、

X はアニオンである、[4]に記載のエレクトロクロミックデバイス。

[6] R^1 および R^2 は独立して C_1-C_{12} -アルコキシであり、

R^3 、 R^4 、 R^7 、 R^8 は独立して C_1-C_{12} -アルコキシであり、

R^5 および R^6 はHであり、

R^9 および R^{10} は独立して C_1-C_{12} -アルコキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立して C_1-C_{12} -アルキル、または $-(CH_2)_nN^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、 n は1~20であり、

R^{20} はそれぞれ独立して C_1-C_6 -アルキルであり、

X はアニオンである、[1]に記載のエレクトロクロミックデバイス。

[7] R^1 および R^2 は独立してメトキシ、エトキシル、 n -プロポキシ、*iso*-プロポキシ、 n -ブトキシ、*sec*-ブトキシ、または t -ブトキシであり、

R^3 、 R^4 、 R^7 、 R^8 は独立してメトキシ、エトキシル、 n -プロポキシ、*iso*-プロポキシ、 n -ブトキシ、*sec*-ブトキシ、または t -ブトキシであり、

R^5 および R^6 はHであり、

R^9 および R^{10} は独立してメトキシ、エトキシル、 n -プロポキシ、*iso*-プロポキシ、 n -ブトキシ、*sec*-ブトキシ、または t -ブトキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立してメチル、エチル、 n -プロピル、*iso*-プロピル、 n -ブチル、*iso*-ブチル、*sec*-ブチル、*t*-ブチル、または $-(CH_2)_nN^+(R^{20})_3[X]$ であり、式中、 n は1~6であり、

各 R^{20} はそれぞれ独立してメチル、エチル、 n -プロピル、*iso*-プロピル、 n -ブチル、*iso*-ブチル、*sec*-ブチル、*t*-ブチルであり、

X はアニオンである、[1]に記載のエレクトロクロミックデバイス。

[8] X が F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 、 BF_4^- 、 PF_6^- 、 SbF_6^- 、 AsF_6^- 、 ClO_4^-

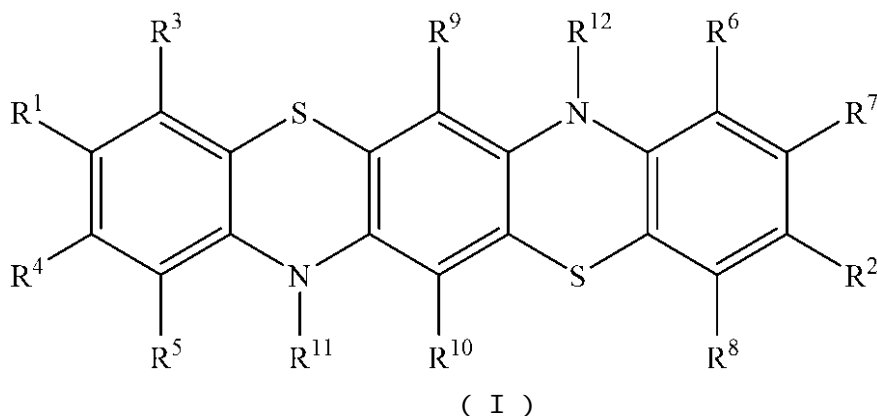
、 SO_3CF_3^- 、 $\text{N}(\text{CN})_2^-$ 、 $\text{N}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2^-$ 、 $\text{C}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3^-$ 、 $\text{N}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5)_2^-$ 、 $\text{Al}(\text{OC}(\text{CF}_3)_3)_4$ または BAR_4 であって、式中、Arはアリール基またはフッ素化アリール基である、〔1〕に記載のエレクトロクロミックデバイス。

〔9〕 式(I)の前記化合物を含むアノード材料を含むエレクトロクロミック媒体をさらに含む、〔1〕に記載のエレクトロクロミックデバイス。

〔10〕 式(I)の前記化合物は3,10-ジ-t-ブチル-7,14-ビス(4-トリエチルアンモニウムブチル)トリフェノジチアジンビス(テトラフルオロボレート); 3,10-ジ-t-ブチル-6,13-ジメトキシ-7,14-ジメチルトリフェノジチアジン; 2,3,4,6,9,10,11,13-オクタメトキシ-7-14-ジメチルトリフェノジチアジン; 3,6,10,13-テトラメトキシ-7-14-ジメチルトリフェノジチアジン、またはそれらのいずれか二つ以上の混合物である、〔1〕に記載のエレクトロクロミックデバイス。

〔11〕 ミラー、建築物の窓、航空機窓、フィルタ、またはバッテリーである、〔1〕~〔10〕のいずれか一項に記載のエレクトロクロミックデバイス。

〔12〕 式(I)：



の化合物であって、

式中：

R^1 および R^2 は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリールオキシであり、
 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してH、アルコキシ、またはアリールオキシであり、

R^9 および R^{10} は独立してアルコキシ、またはアリールオキシあるか、或いは、 R^1 および R^2 がアルキルである場合には、 R^9 および R^{10} は独立してH、アルコキシ、またはアリールオキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立してアルキルまたは $-(\text{CH}_2)_n\text{N}^+(\text{R}^{20})_3[\text{X}]^-$ であり、
式中、nは1~20であり、

R^{20} はそれぞれ独立してアルキルであり、

Xはアニオンである、化合物。

〔13〕 R^1 および R^2 は独立してアルキルであり、

R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してHであり、

R^9 および R^{10} は独立してHまたはアルコキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立して C_1 - C_{12} -アルキルまたは $-(\text{CH}_2)_n\text{N}^+(\text{R}^{20})_3[\text{X}]^-$ であり、
式中、nは1~10であり、

R^{20} はそれぞれ独立して C_1 - C_6 -アルキルであり、

Xはアニオンである、〔12〕に記載の化合物。

〔14〕 R^1 および R^2 は独立して C_1 - C_6 -アルキルであり、

R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 は独立してHであり、

R^9 および R^{10} は独立してHまたは C_1 - C_6 -アルコキシであり、

R^{11} および R^{12} は独立してメチル、エチル、n-プロピル、iso-プロピル、n-ブチル、iso-ブチル、sec-ブチル、t-ブチル、または $-(\text{CH}_2)_n\text{N}^+(\text{R}^{20})_3$

[X]⁻であり、式中、nは1～6であり、

R²⁰はそれぞれメチルまたはエチルであり、

Xはアニオンである、〔12〕に記載の化合物。

〔15〕 R¹およびR²は独立してC₁-C₁₂-アルコキシであり、

R³、R⁴、R⁷、R⁸は独立してC₁-C₁₂-アルコキシであり、

R⁵およびR⁶はHであり、

R⁹およびR¹⁰は独立してC₁-C₁₂-アルコキシであり、

R¹¹およびR¹²は独立してC₁-C₁₂-アルキルまたは-(CH₂)_nN⁺(R²⁰)₃[X]⁻であり、式中、nは1～20であり、

R²⁰はそれぞれ独立してC₁-C₆-アルキルであり、

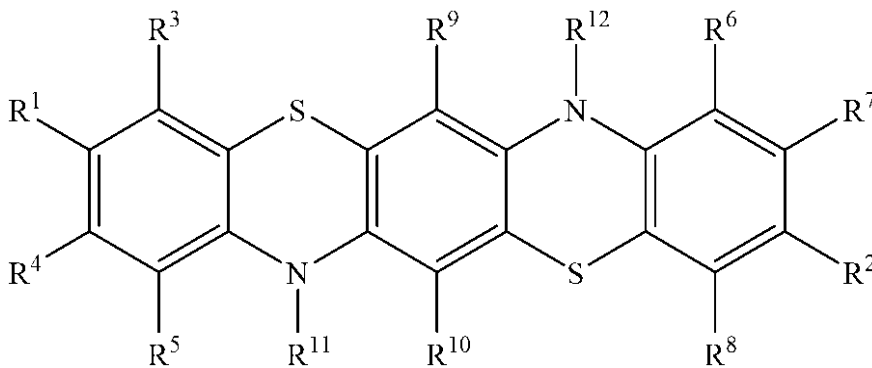
Xはアニオンである、〔12〕に記載の化合物。

〔16〕 Xは、F⁻、Cl⁻、Br⁻、I⁻、BF₄⁻、PF₆⁻、SbF₆⁻、AsF₆⁻、ClO₄⁻、SO₃CF₃⁻、N(CN)₂⁻、N(CF₃SO₂)₂⁻、C(CF₃SO₂)₃⁻、N(SO₂C₂F₅)₂⁻、Al(OC(CF₃)₃)₄またはBAR₄であり、式中、Arはアリールまたはフッ素化アリール基である、〔12〕に記載の化合物。

〔17〕 3,10-ジ-t-ブチル-7,14-ビス(4-トリエチルアンモニウムブチル)トリフェノジチアジンビス(テトラフルオロボレート); 3,10-ジ-t-ブチル-6,13-ジメトキシ-7,14-ジメチルトリフェノジチアジン; 2,3,4,6,9,10,11,13-オクタメトキシ-7-14-ジメチルトリフェノジチアジン; または3,6,10,13-テトラメトキシ-7-14-ジメチルトリフェノジチアジンである、〔12〕～〔16〕のいずれか一項に記載の化合物。

〔18〕 アノード化合物を含むエレクトロクロミックデバイスであって、適用される十分な大きさの電圧下で、前記アノード化合物が安定した第三の酸化状態に酸化される、エレクトロクロミックデバイス。

〔19〕 前記アノード化合物が、式(I)：



(I)

の化合物であって、

式中：

R¹およびR²は独立してアルキル、アルコキシ、またはアリールオキシであり、

R³、R⁴、R⁵、R⁶、R⁷、R⁸は独立してH、アルコキシ、またはアリールオキシであり、

R⁹およびR¹⁰は独立してアルコキシ、またはアリールオキシであるか、或いは、R¹およびR²がアルキルである場合には、R⁹およびR¹⁰は独立してH、アルコキシ、またはアリールオキシであり、

R¹¹およびR¹²は独立してアルキルまたは-(CH₂)_nN⁺(R²⁰)₃[X]⁻であり、式中、nは1～20であり、

R²⁰はそれぞれ独立してアルキルであり、

Xはアニオンである、〔18〕に記載のエレクトロクロミックデバイス。

〔20〕 ミラー、建築物の窓、航空機窓、フィルタ、またはバッテリーである、〔18〕または〔19〕に記載のエレクトロクロミックデバイス。