

【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7部門第2区分

【発行日】平成28年4月7日(2016.4.7)

【公表番号】特表2015-517736(P2015-517736A)

【公表日】平成27年6月22日(2015.6.22)

【年通号数】公開・登録公報2015-040

【出願番号】特願2015-512134(P2015-512134)

【国際特許分類】

H 01 L 51/46 (2006.01)

H 01 L 51/44 (2006.01)

C 07 C 211/04 (2006.01)

C 07 F 7/24 (2006.01)

【F I】

H 01 L 31/04 154Z

H 01 L 31/04 112C

C 07 C 211/04

C 07 F 7/24

【手続補正書】

【提出日】平成28年2月19日(2016.2.19)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

混合アニオンペロブスカイトを含む光起電力デバイスであって、前記混合アニオンペロブスカイトが、ハロゲン化物アニオン及びカルコゲナイトアニオンから選択される2種以上の異なるアニオンを含む、前記光起電力デバイス。

【請求項2】

前記混合アニオンペロブスカイトが、増感剤材料である、請求項1に記載の光起電力デバイス。

【請求項3】

前記混合アニオンペロブスカイトが、第1のカチオン、第2のカチオン、及び前記2種以上の異なるアニオンを含む、請求項1又は2に記載の光起電力デバイス。

【請求項4】

前記第2のカチオンが金属カチオンである、請求項3に記載の光起電力デバイス。

【請求項5】

前記金属カチオンが2価の金属カチオンである、請求項4に記載の光起電力デバイス。

【請求項6】

前記金属カチオンがS<sup>n-2+</sup>及びP<sup>b-2+</sup>から選択される、請求項4又は5に記載の光起電力デバイス。

【請求項7】

前記第1のカチオンが有機カチオンである、請求項3から6のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項8】

前記有機カチオンが、式(R<sub>1</sub>R<sub>2</sub>R<sub>3</sub>R<sub>4</sub>N)<sup>+</sup>を有し、  
式中、

$R_1$  が、水素、非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

$R_2$  が、水素、非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

$R_3$  が、水素、非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

$R_4$  が、水素、非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキル、又は非置換若しくは置換アリールである、

請求項7に記載の光起電力デバイス。

【請求項 9】

前記有機カチオンが、式 ( $R_5 NH_3$ )<sup>+</sup> [式中、 $R_5$  が、水素、又は非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキルである] を有する、請求項7又は8に記載の光起電力デバイス。

【請求項 10】

前記有機カチオンが、式 ( $R_5 R_6 N = CH - NR_7 R_8$ )<sup>+</sup> を有し、  
式中、

$R_5$  が、水素、非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

$R_6$  が、水素、非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

$R_7$  が、水素、非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

$R_8$  が、水素、非置換若しくは置換  $C_1 \sim C_{20}$  アルキル、又は非置換若しくは置換アリールである、

請求項7に記載の光起電力デバイス。

【請求項 11】

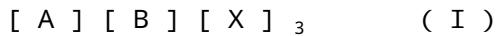
前記有機カチオンが式 ( $H_2 N = CH - NH_2$ )<sup>+</sup> を有する、請求項7又は10に記載の光起電力デバイス。

【請求項 12】

前記ペロブスカイトが混合ハロゲン化物ペロブスカイトであり、前記 2 種以上の異なるアニオンが 2 種以上の異なるハロゲン化物アニオンである、請求項 1 から11のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 13】

前記ペロブスカイトが、式 (I)



[式中、

[A] は少なくとも 1 種の有機カチオンであり、

[B] は少なくとも 1 種の金属カチオンであり、

[X] は、前記 2 種以上の異なるアニオンである]

のペロブスカイト化合物である、請求項 1 から12のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 14】

前記ペロブスカイトが、式 (IA)



[式中、

A は有機カチオンであり、

B は金属カチオンであり、

[X] は、前記 2 種以上の異なるアニオンである]

のペロブスカイト化合物である、請求項 1 から13のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 15】**

[X]が、2又は3種の異なるハロゲン化物アニオンである、請求項1\_3又は1\_4に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 16】**

前記ペロブスカイトが、式(II)



[式中、

Aは有機カチオンであり、

Bは金属カチオンであり、

Xは第1のハロゲン化物アニオンであり、

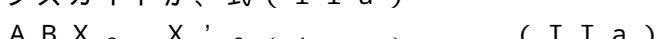
X'は、前記第1のハロゲン化物アニオンとは異なる第2のハロゲン化物アニオンであり、

yは0.05から2.95である]

のペロブスカイト化合物である、請求項1から1\_5のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 17】**

前記ペロブスカイトが、式(IIa)



[式中、

Aは、式( $R_5 R_6 N = C H - N R_7 R_8$ )<sup>+</sup>の有機カチオンであり、ここで、R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>、R<sub>7</sub>、及びR<sub>8</sub>は、独立して、水素、非置換又は置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、及び非置換又は置換アリールから選択され、

Bは金属カチオンであり、

Xは第1のハロゲン化物アニオンであり、

X'は、前記第1のハロゲン化物アニオンとは異なる第2のハロゲン化物アニオンであり、

zは0より大きく1未満である]

のペロブスカイト化合物である、請求項1から7及び1\_0から1\_5のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 18】**

zが0.05から0.95である、請求項1\_7に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 19】**

前記有機カチオンが、式( $R_1 R_2 R_3 R_4 N$ )<sup>+</sup> [式中、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、及びR<sub>4</sub>は、独立して、水素、非置換又は置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、及び非置換又は置換アリールから選択される]又は( $R_5 N H_3$ )<sup>+</sup> [式中、R<sub>5</sub>は、水素、又は非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキルである]を有する、請求項1\_6に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 20】**

前記有機カチオンが式( $H_2 N = C H - N H_2$ )<sup>+</sup>を有する、請求項1\_7又は1\_8に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 21】**

前記金属カチオンが、S<sub>n</sub><sup>2+</sup>及びP<sub>b</sub><sup>2+</sup>から選択される、請求項1\_6から2\_0のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 22】**

前記ペロブスカイトが、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBrI<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBrCl<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbIBr<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbICl<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbClBr<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbICl<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>SnF<sub>2</sub>Br、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>SnIBr<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>SnICl<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>SnF<sub>2</sub>I、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>SnClBr<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>SnI<sub>2</sub>Cl、及びCH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>SnF<sub>2</sub>Clから選択される、請求項1から9、1\_2から1\_6、及び1\_9のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 2 3】**

前記ペロブスカイトが式 ( $H_2N = CH - NH_2$ ) P b I<sub>3-z</sub> Br<sub>3(1-z)</sub> [ 式中、z は請求項 1 6 又は 1 7 で定義された通りである ] を有する、請求項 1 から 7、10 から 15、及び 17 から 18 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 2 4】**

前記光起電力デバイスが太陽電池である、請求項 1 から 2 3 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 2 5】**

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

a ) 前記ペロブスカイトと

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 4 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 2 6】**

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) 前記ペロブスカイトを含む薄膜と

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 5 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 2 7】**

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) 半導体の層、及び

( b ) 前記ペロブスカイトと

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 5 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 2 8】**

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) n - 型層、及び

( b ) 前記ペロブスカイトと

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 5 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 2 9】**

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) p - 型層、及び

( b ) 前記ペロブスカイトと

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 5 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 3 0】**

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) n - 型層、

( b ) 前記ペロブスカイト、及び

( c ) p - 型層と

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 4 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 1】

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) 半導体の多孔質層、及び

( b ) 前記ペロブスカイトを含む増感剤材料と

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 5 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 2】

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) 半導体の多孔質層、

( b ) 前記ペロブスカイトを含む増感剤材料、及び

( c ) 電荷輸送材料と

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 5 及び 3 1 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 3】

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) p - 型半導体の多孔質層である、半導体の多孔質層、

( b ) 前記ペロブスカイトを含む増感剤材料、及び

( c ) 電子輸送材料である、電荷輸送材料と

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 5、3 1 及び 3 2 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 4】

p - 型半導体の前記多孔質層が、ニッケル、バナジウム、銅、又はモリブデンの酸化物を含む、請求項 3 1 から 3 3 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 5】

p - 型半導体の前記多孔質層が、p - 型半導体の緻密層と接触している、請求項 3 1 から 3 4 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 6】

p - 型半導体の前記緻密層が、ニッケル、バナジウム、又は銅の酸化物を含む、請求項 3 5 に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 7】

半導体の前記緻密層が、モリブデン又はタンゲステンの酸化物を含む、請求項 3 5 に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 8】

前記電子輸送材料が、フラーレン若しくはペリレン、又はこれらの誘導体、又は P ( N D I 2 O D - T 2 ) を含む、請求項 3 1 から 3 6 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 3 9】

第 1 の電極と、

第 2 の電極と、

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、

( a ) n - 型半導体の多孔質層である、半導体の多孔質層、

( b ) 前記ペロブスカイトを含む増感剤材料、及び

( c ) 正孔輸送材料である、電荷輸送材料と

を含む光起電力デバイスである、請求項 1 から 2 6、3 1 及び 3 2 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 0】**

n - 型半導体の前記多孔質層が、チタン、スズ、亜鉛、ニオブ、タンタル、タングステン、インジウム、ガリウム、ネオジム、パラジウム、又はカドミウムの酸化物を含む、請求項 3 1、3 2、及び 3 9 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 1】**

半導体の前記多孔質層が TiO<sub>2</sub> を含む、請求項 3 1、3 2、3 9、及び 4 0 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 2】**

半導体の前記多孔質層が、n - 型半導体の緻密層に接触している、請求項 3 1、3 2、及び 3 9 から 4 1 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 3】**

n - 型半導体の前記緻密層が TiO<sub>2</sub> を含む、請求項 4 2 に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 4】**

前記正孔輸送材料が、固体正孔輸送材料又は液体電解質である、請求項 3 2 及び 3 9 から 4 3 までのいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 5】**

前記正孔輸送材料が、ポリマー又は分子状正孔輸送体である、請求項 3 2 及び 3 9 から 4 4 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 6】**

前記正孔輸送材料が、スピロ - OMeTAD、P3HT、PCPDTBT、及び PVK から選択される、請求項 3 2 及び 3 9 から 4 5 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 7】**

前記正孔輸送材料が、分子状正孔輸送体又はポリマー若しくはコポリマーである、請求項 3 2 及び 3 9 から 4 4 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 8】**

前記正孔輸送材料が無機正孔輸送体であり、場合によって、前記無機正孔輸送体は、CuI、CuBr、CuSCN、Cu<sub>2</sub>O、CuO、又はCIS である、請求項 3 2 及び 3 9 から 4 4 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 4 9】**

半導体の前記多孔質層が、100 nm から 2 μm の厚さを有する、請求項 3 1 から 4 8 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

**【請求項 5 0】**

式(I)

$$[A][B][X]_3 \quad (I)$$

[式中、

[A] は、式 (R<sub>1</sub>R<sub>2</sub>R<sub>3</sub>R<sub>4</sub>N)<sup>+</sup> の少なくとも 1 種の有機カチオンであり、ここで、

(i) R<sub>1</sub> は、水素、非置換若しくは置換 C<sub>1</sub> ~ C<sub>20</sub> アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(ii) R<sub>2</sub> は、水素、非置換若しくは置換 C<sub>1</sub> ~ C<sub>20</sub> アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(iii) R<sub>3</sub> は、水素、非置換若しくは置換 C<sub>1</sub> ~ C<sub>20</sub> アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(iv) R<sub>4</sub> は、水素、非置換若しくは置換 C<sub>1</sub> ~ C<sub>20</sub> アルキル、又は非置換若しく

は置換アリールであり、

[B]は、少なくとも1種の2価の金属カチオンであり、

[X]は、2種以上の異なるハロゲン化物アニオンであり、

但し、

(i) [A]が( $\text{C H}_3\text{N H}_3$ )<sup>+</sup>である单一の有機カチオンであり、且つ[B]が $\text{S n}^{2+}$ である单一の金属カチオンである場合、前記混合ハロゲン化物ペロブスカイトは、(a)塩化物イオン及び臭化物イオン又は(b)臭化物イオン及びヨウ化物イオンを含まず、

(ii) [A]が、( $\text{C H}_3\text{N H}_3$ )<sup>+</sup>である单一の有機カチオンであり且つ[B]が、 $\text{P b}^{2+}$ である单一の金属カチオンである場合、前記混合ハロゲン化物ペロブスカイトは塩化物イオン及び臭化物イオンを含まない

ことを前提する]

の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項51】

[B]が、 $\text{P b}^{2+}$ である单一の金属カチオンである場合、前記2種以上の異なるハロゲン化物アニオンの1種はヨウ化物又はフッ化物であり、[B]が、 $\text{S n}^{2+}$ である单一の金属カチオンである場合、前記2種以上の異なるハロゲン化物アニオンの1種はフッ化物である、請求項50に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項52】

前記2種以上の異なるハロゲン化物アニオンの1種がヨウ化物又はフッ化物である、請求項50に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項53】

前記2種以上の異なるハロゲン化物アニオンの1種がヨウ化物であり、前記2種以上の異なるハロゲン化物アニオンの別のものがフッ化物又は塩化物である、請求項50に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項54】

前記2種以上の異なるハロゲン化物アニオンの1種がフッ化物である、請求項50に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項55】

(a)前記2種以上の異なるアニオンの1種がフッ化物であり、前記2種以上の異なるアニオンの別のものが塩化物、臭化物、若しくはヨウ化物であり、又は

(b)前記2種以上の異なるアニオンの1種がヨウ化物であり、前記2種以上の異なるアニオンの別のものがフッ化物若しくは塩化物である、

請求項50に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項56】

[X]が、2種の異なるハロゲン化物アニオンX及びX'である、請求項50から55のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項57】

前記2価の金属カチオンが $\text{S n}^{2+}$ である、請求項50から56のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項58】

前記2価の金属カチオンが $\text{P b}^{2+}$ である、請求項50から56のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項59】

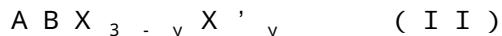
[A]が、式( $\text{R}_5\text{N H}_3$ )<sup>+</sup>〔式中、 $\text{R}_5$ は、水素、又は非置換若しくは置換 $\text{C}_{1-20}$ アルキルである〕の少なくとも1種の有機カチオンである、請求項50から58のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項60】

$\text{R}_5$ がメチルである、請求項59に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項61】

前記ペロブスカイトが、式(Ⅰ)



[式中、

Aは有機カチオンであり、

Bは2価の金属カチオンであり、

Xは第1のハロゲン化物アニオンであり、

X'は、前記第1のハロゲン化物アニオンとは異なる第2のハロゲン化物アニオンであり

、

yは、0.05から2.95であり、

但し

(i) Aが、 $(CH_3NH_3)^+$ である有機カチオンであり且つBが、 $Sn^{2+}$ である2価の金属カチオンである場合、前記混合ハロゲン化物ペロブスカイトは、(a)塩化物イオン及び臭化物イオン、又は(b)臭化物イオン及びヨウ化物イオンを含まず、

(ii) Aが、 $(CH_3NH_3)^+$ である有機カチオンであり且つBが、 $Pb^{2+}$ である2価の金属カチオンである場合、前記混合ハロゲン化物ペロブスカイトは塩化物イオン及び臭化物イオンを含まない

ことを前提とする】

のペロブスカイト化合物である、請求項50から60までのいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項62】

Xがヨウ化物であり且つX'がフッ化物若しくは塩化物であり、又はXがフッ化物であり且つX'が塩化物、臭化物、若しくはヨウ化物である、請求項56又は61に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項63】

X又はX'がヨウ化物である、請求項56又は61に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項64】

Bが、 $Sn^{2+}$ 以外である、請求項62又は63に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項65】

Xがヨウ化物であり、X'がフッ化物又は塩化物である、請求項63に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項66】

X又はX'がフッ化物である、請求項54又は58に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項67】

$Sn^{2+}$ を含む、請求項50から61のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項68】

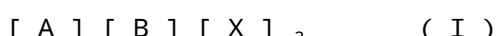
$Pb^{2+}$ を含む、請求項50から61のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項69】

前記混合アニオンペロブスカイトが、 $CH_3NH_3PbBrI_2$ 、 $CH_3NH_3PbI_2Br_2$ 、 $CH_3NH_3PbICl_2$ 、 $CH_3NH_3PbI_2Cl$ 、 $CH_3NH_3SnF_2Br$ 、 $CH_3NH_3SnICl_2$ 、 $CH_3NH_3SnF_2I$ 、 $CH_3NH_3SnI_2Cl$ 、及び $CH_3NH_3SnF_2Cl$ から選択される、請求項50から61のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項70】

式(Ⅰ)



[式中、

[A]は、式( $R_5R_6N = CH - NR_7R_8$ )<sup>+</sup>の少なくとも1種の有機カチオンであり、ここで、

(i)  $R_5$ は、水素、非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(ii)  $R_6$ は、水素、非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(iii)  $R_7$ は、水素、非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(iv)  $R_8$ は、水素、非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

[B]は、少なくとも1種の2価の金属カチオンであり、

[X]は、2種以上の異なるハロゲン化物アニオンである]の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項71】

前記有機カチオンが、式( $H_2N = CH - NH_2$ )<sup>+</sup>を有する、請求項70に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項72】

前記金属カチオンが、Sn<sup>2+</sup>及びPb<sup>2+</sup>から選択される、請求項70又は71に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項73】

前記金属カチオンがPb<sup>2+</sup>である、請求項70又は71に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項74】

前記ペロブスカイトが、式(I I a)



[式中、

Aは、式( $R_5R_6N = CH - NR_7R_8$ )<sup>+</sup>の有機カチオンであり、ここで、

(i)  $R_5$ は、水素、非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(ii)  $R_6$ は、水素、非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(iii)  $R_7$ は、水素、非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(iv)  $R_8$ は、水素、非置換若しくは置換C<sub>1</sub>～C<sub>20</sub>アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

Bは、Sn<sup>2+</sup>及びPb<sup>2+</sup>から選択される金属カチオンであり、

Xは、第1のハロゲン化物アニオンであり、

X'は、前記第1のハロゲン化物アニオンとは異なる第2のハロゲン化物アニオンであり、

zは、0より大きく1未満である]

のペロブスカイト化合物である、請求項70から73のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項75】

zが0.05から0.95である、請求項74に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項76】

前記有機カチオンが、式( $H_2N = CH - NH_2$ )<sup>+</sup>を有する、請求項74又は75に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

#### 【請求項77】

前記ペロブスカイトが式 ( $H_2N = CH - NH_2$ )  $PbI_{3-z}Br_{3(1-z)}$  を有する、請求項 7 4 から 7 6 のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 7 8】

混合アニオンペロブスカイトが、ハロゲン化物アニオン及びカルコゲナイトアニオンから選択される 2 種以上の異なるアニオンを含む、光起電力デバイスでの増感剤としての混合アニオンペロブスカイトの使用。

【請求項 7 9】

前記混合アニオンペロブスカイトが、請求項 2 から 7 8までのいずれか一項でさらに定義された通りである、請求項 7 8 に記載の使用。

【請求項 8 0】

混合アニオンペロブスカイトが、ハロゲン化物アニオン及びカルコゲナイトアニオンから選択される 2 種以上の異なるアニオンを含む、混合アニオンペロブスカイトを含む光起電力デバイス用の光増感材料。

【請求項 8 1】

前記混合アニオンペロブスカイトが、請求項 2 から 7 8のいずれか一項でさらに定義された通りである、請求項 8 0 に記載の光増感材料。

【請求項 8 2】

包封された金属ナノ粒子をさらに含む、請求項 1 から 4 9 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 8 3】

前記第 1 及び第 2 の電極間に配置された、包封された金属ナノ粒子をさらに含む、請求項 2 5 から 4 9 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。