

【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 0 1 L 51/46 (2006.01)

H 0 1 L 51/44 (2006.01)

C 0 7 C 211/04 (2006.01)

C 0 7 F 7/24 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 31/04 1 5 4 Z

H 0 1 L 31/04 1 1 2 C

C 0 7 C 211/04

C 0 7 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ド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 Sn^{2+} 及び Pb^{2+} 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 $(\text{R}_1 \text{R}_2 \text{R}_3 \text{R}_4 \text{N})^+$ 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 $(R_5 NH_3)^+$ [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 $(R_5 R_6 N = CH - NR_7 R_8)^+$ 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】

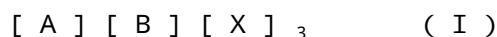
前記有機カチオンが式 $(H_2 N = CH - NH_2)^+$ を有する、請求項 7 又は 10 に記載の 光起電力デバイス。

【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13又は14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 (I I)



[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15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 (I I a)



[式中、

A は、式 $(R_5 R_6 N = C H - N R_7 R_8)^+$ の有機カチオンであり、ここで、 R_5 、 R_6 、 R_7 、及び R_8 は、独立して、水素、非置換又は置換 $C_1 \sim C_{20}$ 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10から15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17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 $(R_1 R_2 R_3 R_4 N)^+$ [式中、 R_1 、 R_2 、 R_3 、及び R_4 は、独立して、水素、非置換又は置換 $C_1 \sim C_{20}$ 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 $(R_5 N H_3)^+$ [式中、 R_5 は、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16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 $(H_2 N = C H - N H_2)^+$ を有する、請求項17又は18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、 $S n^{2+}$ 及び $P b^{2+}$ から選択される、請求項16から20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、 $C H_3 N H_3 P b B r I_2$ 、 $C H_3 N H_3 P b B r C l_2$ 、 $C H_3 N H_3 P b I B r_2$ 、 $C H_3 N H_3 P b I C l_2$ 、 $C H_3 N H_3 P b C l B r_2$ 、 $C H_3 N H_3 P b I_2 C l$ 、 $C H_3 N H_3 S n B r I_2$ 、 $C H_3 N H_3 S n B r C l_2$ 、 $C H_3 N H_3 S n F_2 B r$ 、 $C H_3 N H_3 S n I B r_2$ 、 $C H_3 N H_3 S n I C l_2$ 、 $C H_3 N H_3 S n F_2 I$ 、 $C H_3 N H_3 S n C l B r_2$ 、 $C H_3 N H_3 S n I_2 C l$ 、及び $C H_3 N H_3 S n F_2 C l$ から選択される、請求項1から9、12から16、及び19のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 23】

前記ペロブスカイトが式 $(\text{H}_2\text{N}=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbI}_{3-z}\text{Br}_{3(1-z)}$ [式中、 z は請求項 16 又は 17 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 24】

前記光起電力デバイスが太陽電池である、請求項 1 から 23 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 25】

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 24 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 26】

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 25 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 27】

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 25 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 28】

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 25 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 29】

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 25 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 30】

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グ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、フラレー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_2 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_2 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】

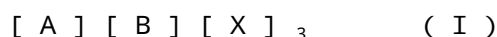
前記正孔輸送材料が無機正孔輸送体であり、場合によって、前記無機正孔輸送体は、CuI、CuBr、CuSCN、 Cu_2O 、CuO、又は CIS である、請求項 3 2 及び 3 9 から 4 4 のいずれか一項に記載の光起電力デバイス。

【請求項 4 9】

半導体の前記多孔質層が、100nm 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)



[式中、

[A] は、式 $(R_1 R_2 R_3 R_4 N)^+$ の少なくとも 1 種の有機カチオンであり、ここで、

(i) R_1 は、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、

(ii) R_2 は、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、

(iii) R_3 は、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、

(iv) R_4 は、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

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 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)^+$ である単一の有機カチオンであり、且つ [B] が Sn^{2+} である単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、

(i i) [A] が、 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)^+$ である単一の有機カチオンであり且つ [B] が、 Pb^{2+} である単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 5 1】

[B] が、 Pb^{2+} である単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、 Sn^{2+} である単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 5 0 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 5 2】

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 5 0 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 5 3】

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 5 0 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 5 4】

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 5 0 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 5 5】

(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 5 0 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 5 6】

[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 5 0 から 5 5 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 5 7】

前記 2 価の金属カチオンが Sn^{2+} である、請求項 5 0 から 5 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 5 8】

前記 2 価の金属カチオンが Pb^{2+} である、請求項 5 0 から 5 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 5 9】

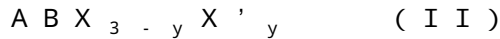
[A] が、式 $(\text{R}_5\text{NH}_3)^+$ [式中、 R_5 は、水素、又は非置換若しくは置換 $\text{C}_1 \sim \text{C}_{20}$ アルキルである] の少なくとも 1 種の有機カチオンである、請求項 5 0 から 5 8 のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 6 0】

R_5 がメチルである、請求項 5 9 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 6 1】

前記ペロブスカイトが、式 (I 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、

(i i) 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 5 0 から 6 0 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 6 2】

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 5 6 又は 6 1 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 6 3】

X 又は X' がヨウ化物である、請求項 5 6 又は 6 1 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 6 4】

B が、 Sn^{2+} 以外である、請求項 6 2 又は 6 3 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 6 5】

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 6 3 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 6 6】

X 又は X' がフッ化物である、請求項 5 4 又は 5 8 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 6 7】

Sn^{2+} を含む、請求項 5 0 から 6 1 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 6 8】

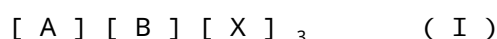
Pb^{2+} を含む、請求項 5 0 から 6 1 のいずれか一項に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 6 9】

前記混合アニオンペロブスカイトが、 $CH_3NH_3PbBrI_2$ 、 $CH_3NH_3PbIBr_2$ 、 $CH_3NH_3PbICl_2$ 、 $CH_3NH_3PbI_2Cl$ 、 $CH_3NH_3SnF_2Br$ 、 $CH_3NH_3SnICl_2$ 、 $CH_3NH_3SnF_2I$ 、 $CH_3NH_3SnI_2Cl$ 、及び $CH_3NH_3SnF_2Cl$ から選択される、請求項 5 0 から 6 1 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 0】

式 (I)



[式中、

[A] は、式 $(R_5 R_6 N = CH - NR_7 R_8)^+$ 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 $C_1 \sim C_{20}$ アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(i i) R_6 は、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、

(i i i) R_7 は、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、

(i v) R_8 は、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、

[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 7 1】

前記有機カチオンが、式 $(H_2 N = CH - NH_2)^+$ を有する、請求項 7 0 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 7 2】

前記金属カチオンが、 Sn^{2+} 及び Pb^{2+} から選択される、請求項 7 0 又は 7 1 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 7 3】

前記金属カチオンが Pb^{2+} である、請求項 7 0 又は 7 1 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 7 4】

前記ペロブスカイトが、式 (I I a)



[式中、

A は、式 $(R_5 R_6 N = CH - NR_7 R_8)^+$ 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 $C_1 \sim C_{20}$ アルキル、又は非置換若しくは置換アリールであり、

(i i) R_6 は、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、

(i i i) R_7 は、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、

(i v) R_8 は、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、

B は、 Sn^{2+} 及び Pb^{2+} 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 7 0 から 7 3 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 5】

z が 0.05 から 0.95 である、請求項 7 4 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 7 6】

前記有機カチオンが、式 $(H_2 N = CH - NH_2)^+$ を有する、請求項 7 4 又は 7 5 に記載の混合ハロゲン化物ペロブスカイト。

【請求項 7 7】

前記ペロブスカイトが式 $(\text{H}_2\text{N}=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbI}_{3-z}\text{Br}_{3(1-z)}$ 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ド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ド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。