(19)日本国特許庁(JP)

# (12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7429687号
(P7429687)

(45)発行日　令和6年2月8日(2024.2.8)

(24)登録日　令和6年1月31日(2024.1.31)

(51)国際特許分類

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Ｈ１０Ｋ　30/50　(2023.01)* | | Ｈ１０Ｋ | 30/50 |
| *Ｈ１０Ｋ　30/40　(2023.01)* | | Ｈ１０Ｋ | 30/40 |
| *Ｈ１０Ｋ　71/10　(2023.01)* | | Ｈ１０Ｋ | 71/10 |

ＦＩ

請求項の数　12　（全8頁）

(21)出願番号　特願2021-514548(P2021-514548)
(86)(22)出願日　平成30年12月26日(2018.12.26)
(65)公表番号　特表2022-500873(P2022-500873A)
(43)公表日　令和4年1月4日(2022.1.4)
(86)国際出願番号　PCT/RU2018/000875
(87)国際公開番号　WO2020/060436
(87)国際公開日　令和2年3月26日(2020.3.26)
審査請求日　令和3年5月7日(2021.5.7)
(31)優先権主張番号　2018133408
(32)優先日　平成30年9月20日(2018.9.20)
(33)優先権主張国・地域又は機関
ロシア(RU)

(73)特許権者　519236860
ジョイント ストック カンパニー クラスノヤルスク ハイドロパワー プラント（ジェイエスシー クラスノヤルスク エイチピーピー）
ロシア国 ６６３０９０ クラスノヤルスク クラジュ，ジヴノゴルスク，エー／ワイエー ９９ ジー．
(74)代理人　100091683
弁理士　▲吉▼川 俊雄
(74)代理人　100179316
弁理士　市川 寛奈
(72)発明者　ガディリン，エヴゲーニイ アレクセイヴィッチ
ロシア国 １１７１８６ モスクワ，セヴ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ペロブスカイト様材料の膜を形成するための方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ペロブスカイト構造を有する材料の半導体膜を形成する方法であって、所定の厚さの前記ペロブスカイト構造を有する材料の層が基板上に堆積され、前記層が部分的に液化するまでハロゲンに曝され、その後、前記ハロゲンが前記層から徐々に除去される方法であって、これにより、所定の厚さの前記ペロブスカイト構造を有する材料の層が基板上に堆積された時点の前記層内の前記ペロブスカイト構造を有する材料の粒子サイズよりも大きいサイズの前記ペロブスカイト構造を有する材料の粒子の形成を伴う、基板上の前記ペロブスカイト構造を有する材料の漸進的な結晶化が行われ、

前記半導体膜である光電層の形成中に、１００ｎｍ～１００μｍの範囲のサイズの粒子の形成が提供され、前記層を液化するために、分圧が０．０００００１気圧～０．９９気圧であるヨウ素蒸気が使用されることを特徴とする、方法。

【請求項２】

前記ペロブスカイト構造を有する材料の前記層が、所望のペロブスカイト構造を有する材料の成分に加えて、他の化学物質を含む前記ペロブスカイト構造を有する材料の前駆体の形態で作製されることを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記前駆体が溶媒分子を含む、請求項２に記載の方法。

【請求項４】

前記半導体膜が、$ABX_3$の化学組成を有し、式中、$CH_3NH_3^+$または$(NH_2)_2C$

$H^+$または$C(NH_2)_3^+$または$Cs^+$または$Rb^+$カチオンまたはそれらの混合物のうちの少なくとも１つが、成分Ａとして使用され、元素Ｐｂ、Ｓｎ、Ｂｉ、Ｃｕ、Ｇｅ、Ｃａ、Ｓｒ、Ｔｉまたはそれらの混合物のうちの少なくとも１つが成分Ｂとして使用され、成分Ｘとしてハロゲン$Cl^-$または$Br^-$または$I^-$またはそれらの混合物のうちの少なくとも１つが使用されることを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項５】

前記ハロゲンに曝露される前記半導体膜が、元素組成物中に前記$ABX_3$の前記成分Ａ、成分Ｂ、及び成分Ｘを含むことを特徴とする、請求項４に記載の方法。

【請求項６】

前記基板からの前記ハロゲン除去の速度が調節されることを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項７】

前記基板からのハロゲン除去の初期速度が、前記基板の単位面積あたりの所定の数の結晶化中心を有する結晶化中心の前記層における形成を行うために選択されることを特徴とする、請求項６に記載の方法。

【請求項８】

前記基板上の前記ハロゲンが気相から分離されることを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項９】

前記基板が、純粋な液体ハロゲンまたはハロゲンを含む溶液の形態で使用される前記ハロゲンに曝されることを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項１０】

気相から前記ハロゲンを前記半導体膜に適用し、前記成分Ａの蒸気を含むガス混合物を使用することを特徴とする、請求項４に記載の方法。

【請求項１１】

前記ハロゲンによる前記半導体膜の曝露中に、前記基板及び／または溶液が加熱されることを特徴とする、請求項９に記載の方法。

【請求項１２】

前記ハロゲンを含む反応混合物が加圧下で供給されることを特徴とする、請求項１１に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、半導体層を形成するための方法に関し、結晶性を改善し、光電変換器の製造における光吸収層の電気的特性及び光電的特性を改善するために、半導体材料の膜の後処理に使用され得る。

【背景技術】

【０００２】

化合物$ABX_3$の薄膜を後処理するための様々な方法が先行技術から知られており、Ａは$CH_3NH_3^+$または$(NH_2)_2CH^+$または$C(NH_2)_3^+$または$Cs^+$または$Rb^+$またはそれらの混合物を示し、Ｂ＝$Sn_2^+$または$Pb_2^+$、またはそれらの混合物は、特に、Ｂｉ及びＣｕを添加し、かつ成分Ｘとしてハロゲン化物イオン（$Cl^-$または$Br^-$または$I^-$またはそれらの混合物）として作用できる。より一般的には、他の陽イオンも成分Ａ及びＢとして作用し得るため、それらの総電荷は＋３になり、陰イオンの電荷のバランスを取る。

【０００３】

後処理の最も一般的な方法は、１００～１２０℃の温度範囲でのアニーリングであり、１２０℃を超える温度での短期間の高温アニーリングが含まれる場合がある。

【０００４】

文献［Ｓａｌｉｂａ，Ｍｉｃｈａｅｌら、「Ｉｎｆｌｕｅｎｃｅ　ｏｆ　ｔｈｅｒｍａｌ

processing protocol upon the crystallization and photovoltaic performance of organic－inorganic lead trihalide perovskites.」The Journal of Physical Chemistry C 118.30（２０１４）：１７１７１－１７１７７.］では、$CH_3NH_3PbI_3$膜を１００℃の温度で４５分間、乾燥窒素雰囲気下でアニーリングすると、この層の光電特性が向上することを示している。

【０００５】

文献［Xiao Z.ら、Solvent Annealing of Perovskite－Induced Crystal Growth for Photovoltaic－Device Efficiency Enhancement／／Adv.Mater.２０１４.Vol.２６，No.３７.P.６５０３－６５０９］では、乾式アニーリングと比較して、ジメチルホルムアミド蒸気中でのアニーリングは、粒子サイズの増加、欠陥の濃度の減少、電荷キャリアの寿命の増長及びそれらの平均自由行程の増加、電子及び正孔伝導層へのキャリア注入の効率の増加をもたらすことが示された。この作業では、アニーリングは１００℃の温度で６０分間実施した。

【０００６】

上記の方法の欠点は、１）比較的高い温度を維持する必要があること、２）後処理段階の期間が長いことである。

【０００７】

メチルアミン蒸気（ＭＡ）中でペロブスカイト膜を後処理する方法は、公知である－［Zhao T.ら、Design rules for the broad application of fast（1s）methylamine vapor based，hybrid perovskite post deposition treatments／／RSC Adv.２０１６.Vol.６，No.３３.P.Pp２７４７５－２７４８４］。この試薬を使用すると、液相の形成を伴うハイブリッド有機－無機材料の迅速な可逆分解が可能になり、ＭＡ蒸気の除去後に初期または初期化合物に関連する結晶化が可能になる。このアプローチの重大な欠点は、ＭＡ蒸気で処理するときに、元の材料の一部である有機成分が、処理中に気相から導入された成分に置き換わることである。最終材料の機能特性は、ペロブスカイト様化合物のカチオンの比率に実質的に依存するため、ＭＡ蒸気による処理は、混合Ａカチオン組成のペロブスカイト様化合物の膜の後処理に完全に適用することはできない。

【０００８】

提唱された発明に最も近いのは、ホルムアミジン（ＦＡ）蒸気中のペロブスカイト膜の後処理のための上記と同様の方法である－［Zhou，Yuanyuanら、「Exceptional morphology－preserving evolution of formamidinium lead triiodide perovskite thin films via organic－cation displacement.」Journal of the American Chemical Society １３８.１７（２０１６）：５５３５－５５３８］。この試薬を使用する場合には、液相の形成を伴うハイブリッド有機－無機材料の急速な可逆的破壊があり、ＦＡ蒸気の除去後に初期化合物または関連する初期化合物の結晶化が可能になる。このアプローチの重大な欠点は、ＦＡ蒸気で処理する場合、元の材料の一部である有機成分が、処理中に気相を介して導入された成分で置換されることもある。最終材料の機能特性は、ペロブスカイト様化合物内のカチオンの比率に実質的に依存するため、ＭＡ蒸気による処理はまた、カチオンＡによって混合された組成のペロブスカイト様化合物の膜の後処理に完全に適用することはできない。

したがって、ペロブスカイト太陽電池の光吸収層を後処理して、その電気的特性及び光電的特性を高めるための現在公知である方法は、この層を比較的高温で長時間アニーリングするか、または混合カチオン組成物と適合しない必要がある。

【先行技術文献】
【非特許文献】
【０００９】
【文献】Ｓａｌｉｂａ，Ｍｉｃｈａｅｌら、「Ｉｎｆｌｕｅｎｃｅ ｏｆ ｔｈｅｒｍａｌ ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ ｐｒｏｔｏｃｏｌ ｕｐｏｎ ｔｈｅ ｃｒｙｓｔａｌｌｉｚａｔｉｏｎ ａｎｄ ｐｈｏｔｏｖｏｌｔａｉｃ ｐｅｒｆｏｒｍａｎｃｅ ｏｆ ｏｒｇａｎｉｃ－ｉｎｏｒｇａｎｉｃ ｌｅａｄ ｔｒｉｈａｌｉｄｅ ｐｅｒｏｖｓｋｉｔｅｓ．」Ｔｈｅ Ｊｏｕｒｎａｌ ｏｆ Ｐｈｙｓｉｃａｌ Ｃｈｅｍｉｓｔｒｙ Ｃ １１８．３０（２０１４）：１７１７１－１７１７７．
【文献】Ｘｉａｏ Ｚ．ら、Ｓｏｌｖｅｎｔ Ａｎｎｅａｌｉｎｇ ｏｆ Ｐｅｒｏｖｓｋｉｔｅ－Ｉｎｄｕｃｅｄ Ｃｒｙｓｔａｌ Ｇｒｏｗｔｈ ｆｏｒ Ｐｈｏｔｏｖｏｌｔａｉｃ－Ｄｅｖｉｃｅ Ｅｆｆｉｃｉｅｎｃｙ Ｅｎｈａｎｃｅｍｅｎｔ／／Ａｄｖ．Ｍａｔｅｒ．２０１４．Ｖｏｌ．２６，Ｎｏ．３７．Ｐ．６５０３－６５０９
【文献】Ｚｈａｏ Ｔ．ら、Ｄｅｓｉｇｎ ｒｕｌｅｓ ｆｏｒ ｔｈｅ ｂｒｏａｄ ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ ｏｆ ｆａｓｔ（１ｓ）ｍｅｔｈｙｌａｍｉｎｅ ｖａｐｏｒ ｂａｓｅｄ，ｈｙｂｒｉｄ ｐｅｒｏｖｓｋｉｔｅ ｐｏｓｔ ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ ｔｒｅａｔｍｅｎｔｓ／／ＲＳＣ Ａｄｖ．２０１６．Ｖｏｌ．６，Ｎｏ．３３．Ｐ．Ｐｐ２７４７５－２７４８４
【文献】Ｚｈｏｕ，Ｙｕａｎｙｕａｎら、「Ｅｘｃｅｐｔｉｏｎａｌ ｍｏｒｐｈｏｌｏｇｙ－ｐｒｅｓｅｒｖｉｎｇ ｅｖｏｌｕｔｉｏｎ ｏｆ ｆｏｒｍａｍｉｄｉｎｉｕｍ ｌｅａｄ ｔｒｉｉｏｄｉｄｅ ｐｅｒｏｖｓｋｉｔｅ ｔｈｉｎ ｆｉｌｍｓ ｖｉａ ｏｒｇａｎｉｃ－ｃａｔｉｏｎ ｄｉｓｐｌａｃｅｍｅｎｔ．」Ｊｏｕｒｎａｌ ｏｆ ｔｈｅ Ａｍｅｒｉｃａｎ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｓｏｃｉｅｔｙ １３８．１７（２０１６）：５５３５－５５３８
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１０】
現在の最先端技術に存在する技術的問題は、ペロブスカイト様ＡＢＸ$_3$組成物を含む光吸収材料の薄膜の比較的高温（１００～１２０℃）での連続アニーリングによる後処理の必要性であり、Ａ＝ＣＨ$_3$ＮＨ$_3^+$または（ＮＨ$_2$）$_2$ＣＨ$^+$またはＣ（ＮＨ$_2$）$_3^+$またはＣｓ$^+$またはＲｂ$^+$またはそれらの混合物であり、Ｂ＝Ｓｎ$_2^+$またはＰｂ$_2^+$、あるいはそれらの混合物は、おそらくＢｉ及びＣｕがドープされており、Ｘ＝Ｃｌ$^-$またはＢｒ$^-$またはＩ$^-$またはそれらの混合物であり、これにより必要な品質のコーティングを実現し、製造後に必要な電気的特性及び光電的特性をもたらす。
【００１１】
本発明を使用するときに達成される技術的結果は、半導体膜の品質の改善であり、そのパラメータが、確立された要件を満たさない完全なデバイスのカリングを減少させることである。さらに、本発明により、ＡＢＸ$_3$組成物のペロブスカイト様構造を有する光吸収材料の薄膜の電気的特性、光電的特性を改善し、粒子サイズを増大させる可能性がもたらされる。膜の物理的構造の改善は、元の膜の化学組成及び特性の許容できない変化なく生じるが、これは、例えば、メチルアミンまたはホルムアミジンなどの既知の試薬を使用した場合には達成できない。
【００１２】
追加の技術的結果は、後処理プロセスの加速であり、これにより、高温処理に基づく方法と比較して、ペロブスカイト様ＡＢＸ$_3$組成を有する光吸収材料の薄膜の形態学的特性、電気的特性、光電特性の改善につながる。
【００１３】
追加の技術的結果は、メチルアミンまたはホルムアミジンで処理されている膜に対する蒸気の影響に基づく方法と比較した、混合カチオンから構成されるペロブスカイト様化合物への本出願に記載のアプローチの適用可能性である。

【課題を解決するための手段】
【００１４】
この技術的結果は、ペロブスカイト様材料の半導体膜、ペロブスカイト様材料の基板、または所定の厚さのペロブスカイト様材料の前駆体を形成する方法が基板上に適用され、その後、層が液化するまでハロゲンを層に適用し、その後、ハロゲンを基板から徐々に除去し、これにより基板上のペロブスカイト様材料の段階的な結晶化が確実に行われ、元の膜よりも大きいサイズのペロブスカイト様材料の粒子を形成することによって達成される。この方法を実施する特定の場合において、半導体材料層は、化学組成$ABX_3$を有し、式中、$CH_3NH_3^+$または$(NH_2)_2CH^+$または$C(NH_2)_3^+$または$Cs^+$または$Rb^+$陽イオンまたはそれらの混合物のうちの少なくとも１つは、成分Ａとして使用され、成分Ｂは、元素Ｐｂ、Ｓｎ、Ｂｉ、Ｃｕ、Ｇｅ、Ｃａ、Ｓｒ、Ｔｉまたはそれらの混合物のうちの少なくとも１つ、及びハロゲン$Cl^-$または$Br^-$または$I^-$またはそれらの混合物のうちの少なくとも１つが成分Ｘとして使用され、本明細書において、処理される膜は、化合物$ABX_3$の成分Ａ、Ｂ、Ｘを含み得、特に、最終$ABX_3$ペロブスカイト以外の化合物内に含まれ得る－この場合、最初の膜のハロゲンへの曝露は、結果としてペロブスカイト様材料の形成となり得る。本発明の特定の場合では、基板からのハロゲン除去の速度が制御され、その一方で、基板からのハロゲン除去の初期速度は、基板の単位面積あたりの所定の数の結晶化中心を有する結晶化中心の層における形成を確実にするために選択され得る。同時に、ペロブスカイト様材料の前駆体は、ペロブスカイト様材料と他の物質との化合物または混合物であり、例えば、ペロブスカイト様材料及び溶媒の付加物（２つの化合物間の付加反応の生成物）の形態である。ペロブスカイト様材料の前駆体をハロゲンで処理したときに、前駆体内に化学的に結合した副物質が放出され、ハロゲンと一緒に除去される。ハロゲンは、気相を介して、または純粋な液体ハロゲンとして、またはハロゲンを含む溶液として、サンプルと共に反応セルに導入することができる。気相からハロゲンを導入する場合、ハロゲン及び／または成分Ａ蒸気を含むガス混合物が使用され得る。この方法を実施するときは、ハロゲンによる半導体膜の処理中に、基板及び／または溶液及び／またはハロゲンを含むガス混合物を加熱することができ、ハロゲン含有反応混合物が加圧下で供給され得る。過剰なハロゲン及び／または反応生成物の除去は、冷却もしくは加熱などの熱処理を使用する場合、または反応セルを不活性ガスを含む半導体膜でパージする場合、または半導体材料の膜をハロゲンに曝した直後に減圧下に維持することによって生じ得る。この方法を実施する特定の場合において、光電層の形成中に、１００ｎｍ～１００μｍの範囲のサイズの粒子の形成が提供され、層を液化するために、分圧が０．０００００１気圧～０．９９気圧であるヨウ素蒸気が使用される。最適な厚さの層を形成して基板上に粒子を均一に分布させるために、粒子サイズは、ハロゲン除去後の平均層厚０．９～１．１、またはハロゲン除去後の平均層厚の０．４５～０．５５に設定される。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
本発明の実施形態の１つとして、キャリア基板上の$ABX_3$組成物のペロブスカイト様構造を有する光吸収材料の薄膜は、気相または溶液からの分子ヨウ素に曝露され、その結果、$BX_2$と平衡状態にある液体$AX_n$の形成を伴う$ABX_3$相の可逆性分解がもたらされる。特に、ペロブスカイト様構造において$ABI_3$のみを使用した場合、$AI_n$液体は$BI_2$と平衡状態で形成される。
【００１６】
次に、ヨウ素の分圧が所定のレベルまで低下した場合、または例えば基板温度を上昇させるか、ハロゲン非含有ガス流でパージすることによってヨウ素と基板との接触が完全に消失する場合、ヨウ素は$BX_2$と平衡状態にある$AX_n$液体から一定の速度で除去され、$ABX_3$相が結晶化する。ヨウ素溶液またはヨウ素蒸気を含むガス混合物の除去速度により、$ABX_3$の結晶化速度が決定し、これにより結晶化度が決定し、その結果、この材料の電気的特性及び光電的特性が決定される。

【００１７】
本発明の内容では、ペロペロブスカイト様構造という用語は、ペロブスカイト鉱物（$CaTiO_3$）の結晶構造及び特定の構造偏差を有する結晶構造（歪んだ構造のペロブスカイト）（例えば、格子対称性（例えば、正方晶のシンゴニー））の両方、または任意の他の層（例えば、Ａｕｒｉｖｉｌｌｉｕｓの相、ルドルスデン－ポッパー相、Ｄｉｏｎ－Ｊａｃｏｂｓｏｎ相）と交互になっているペロブスカイト層を含む結晶構造を指す。ペロブスカイト様化合物は、ペロブスカイト様構造を有する化合物を意味する。本明細書での薄膜とは、５０ｎｍ～３μｍの厚さの膜を指す。
【００１８】
公知であるとおり、粒界は、半導体材料の機能的特性に負の影響を有する潜在的な欠陥の原因である。粒子サイズの増大は、体積対表面比の増加及び粒界数の減少につながり、最終的には材料の電気的特性及び光電的特性の改善につながる。
【００１９】
$ABX_3$光吸収材料に低温及び短い後処理時間を使用する可能性は、$ABX_3$化合物が分子ヨウ素と相互作用して、組成$AX_n$の反応性の高い液相を形成する能力に基づき、$ABX_3$化合物の集中的な物質移動が発生する接触時に、その再結晶化が促進される。
【００２０】
より一般的な場合、式$ABX_3$は、Ｘがハロゲン化物であり、Ａ、Ｂが金属カチオンまたは有機カチオンであり、これによりカチオンＡ及びＢの総電荷が＋３である、すなわちヘテロ価ドーピングなど、他の無機元素または有機カチオンのドーピングが可能である化合物として理解することができる。さらに、このアプローチは、所与の組成のペロブスカイト様構造を有する$ABX_3$の化合物に固有のものではなく、$ABX_3$以外のペロブスカイト様及び化学組成とは異なる結晶構造を有する化合物に拡張できる。
【００２１】
技術的結果を達成して様々な実施形態で提唱された方法を実施する可能性は、以下の実施例によって確認される。
【実施例１】
【００２２】
厚さ３００ｎｍの、ジメチルスルホキシド中の溶液から堆積することによって得られた組成物$CH_3NH_3PbI_3$膜を、密閉ガラス容器内でヨウ素蒸気で処理し、その底に結晶性ヨウ素を置いた。この処理は室温で３分間行われ、その後、最初の膜がヨウ素の雰囲気から除去され、走査型電子顕微鏡によって検査した。顕微鏡写真の分析では、平均粒子サイズが約５０ｎｍ～約２００ｎｍに増加していることが明らかになった。
【実施例２】
【００２３】
実施例Ａ（実施例１）と同様であるが、反応容器をＴ＝４０℃で１分間維持しながら処理を実施した。顕微鏡写真の分析では、平均粒子サイズが約５０ｎｍ～約３００ｎｍに増加していることが明らかになった。
【実施例３】
【００２４】
実施例Ａと同様に、基板の温度をＴ＝６０℃に維持しながらプロセスを実施し、これを、Ｔ＝４０℃に維持された結晶性ヨウ素に吹き込むガス流で３分間処理した。膜の顕微鏡写真の分析では、平均粒子サイズが約５０ｎｍ～約４００ｎｍに増大していることが明らかになった。
実施例４：実施例Ａと同様であるが、組成$Cs_{0.05}(MA_{0.17}FA_{0.83})PbI_3$の膜をＴ＝４０℃での処理に３分間さらした。顕微鏡写真の分析では、平均粒子サイズが約５０ｎｍ～約２００ｎｍに増大することが明らかになり、膜の相組成の分析では、その中のカチオンＡの比率が最初のものと比較して変化しないことを示した。
【００２５】
初期溶液中のハロゲン濃度及びハロゲン除去速度に対する粒子サイズ及びそれらの特性

の分析的依存性が見出されていないことにもかかわらず、必要なパラメータは経験的に決定され得る。

【００２６】

さらに、層の単位体積あたりまたは基板の単位表面積あたりに必要な数の結晶化中心が形成された後、ハロゲン除去速度が３倍以上大幅に低下することにより、一定量の安定したサイズの粒子が確実に形成される。

フロントページの続き

ァストポリスキー プロスペクト ケーヴィ．２５ ディー．４３
(72)発明者 タラソフ，アレクセイ ボリソヴィッチ
ロシア国 １２９３４４ モスクワ，ウル．ラドジュナヤ ケーヴィ．４７ ケー．２ ディー．１２
(72)発明者 グリシコ，アレクセイ ユーリエヴィッチ
ロシア国 ４００１２０ ジー．ヴォルゴグラード，ウル．クズネツカヤ ケーヴィ．１２３ ディー．６５
(72)発明者 フィンケルバーグ，ヤーシャ ミハイロヴィッチ
ロシア国 １２１０９６ モスクワ，ウル．バルクラヤ ケーヴィ．１２ コープ．４ ディー．５

審査官 桂城 厚

(56)参考文献
特表２０１８－５２２３９４（ＪＰ，Ａ）
中国特許出願公開第１０７８８１４７２（ＣＮ，Ａ）
中国特許出願公開第１０７２４０６４３（ＣＮ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１８／０２４８１１８（ＵＳ，Ａ１）
中国特許出願公開第１０６０９８９４７（ＣＮ，Ａ）
WANG, Shenghao et al.，Accelerated degradation of methylammonium lead iodide perovskites induced by exposure to iodine vapour，nature energy，2016年12月22日，2, Article number: 16195 (2017)，pp.1-8，DOI: 10.1038/nenergy.2016.195

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ１０Ｋ ３０／００－９９／００