

【基盤研究(S)】

大区分E



研究課題名 無鉛型高次元ハライドペロブスカイト材料による太陽電池の高効率・高耐久化

桐蔭横浜大学・医用工学部・特任教授

みやさか つとむ
宮坂 力

研究課題番号：19H05636 研究者番号：00350687

キーワード：ペロブスカイト、光電変換、太陽電池、鉛フリー

【研究の背景・目的】

ハロゲン化鉛系ペロブスカイトを用いる太陽電池のエネルギー変換効率は24%を超える高効率に届いているが、環境に有害な鉛を用いるために産業の用途は極めて限られる。ペロブスカイトは低い光量に対しても高い電圧と効率を維持できる特長があり、これを活用する産業出口として最も有力なのがIoTに代表される消費者エレクトロニクス用の光電変換素子である。しかし鉛を用いない材料はこの産業において必須となる。そこで本研究は、鉛を含有しない耐久性に優れた環境適応型のペロブスカイト材料を創製し、これを用いる光電変換素子の効率を鉛型のレベル(20%以上)まで高めることを目的とする。鉛に代わる金属を用いる新しいペロブスカイト材料を創製し、光発電の高効率化につなげるために、電荷の等方的移動に有利な三次元構造の結晶構造を安定化させながら、その結晶材料を均一で高い品質をもった薄膜として作製するための製膜技術を構築する。つぎに材料の持つ光物性を高める研究アプローチとして、結晶粒子界面に混入する物理欠陥を徹底的に除去し、電荷の再結合によるエネルギー損失を抑制するための材料改質の基盤技術を構築する。

【研究の方法】

環境適合性の高い金属としてビスマス、スズ、ゲルマニウム、チタン、銀などを鉛に代えて用いるペロブスカイト結晶材料を設計し、その光物性が吸光係数、バンドギャップ値、そして電子構造などの基本特性の点で優れる組成を選び出して、材料の合成と製膜に着手する。図1に示す ABX_3 の基本組成のペロブスカイト格子構造において、特にオール無機の組成からなる三次元結晶に着目し、AサイトカチオンをCs、Ag、Rbなどの無機イオンに置き換え、Bサイトの金属をSn、Bi、In、Tiなどの2価~4価イオンに置き換え、さらにハロゲンをCl/Br混合、Br/I混合系として結晶構造を許容因子の点で安定化させ、耐熱性に優れた結晶薄膜を作製する。また光物性の評価において、蛍光寿命の計測をもとに光励起キャリアの寿命と電荷の再結合などの不効率要因を見積り、光電変換において高効率化の候補となる結晶構造をしぼりこむ。具体的には、Bi系ハロゲン化ペロブスカイトではBiにIn等をドーブし、ハロゲンを混合ハロゲン系とする組成変換を行う。Sn系材料については大気中のSn(II)を安定化させる組成改良としてGe等の2価、3価カチオンのドーブ効果を検討する。Ti系材料についてはTi(IV)を安定化させて不純物の少ない均一な組成を合成する方法を構築する。

ここで製膜には従来の溶液晶析法に加えて真空蒸着法によって化学的非平衡状態における結晶格子の形成を試み、複数の原料を分圧の制御下で蒸着させる技術で高品質の薄膜を形成する(図1)。

無鉛型ペロブスカイト材料の光電変換特性を図2のような薄膜素子を作製して評価する。材料の光物性を改良しエネルギー損失を最小とすることによって、理論的には変換効率の最大値は鉛系の効率を超える値に届く可能性があると考えられる(図2)。

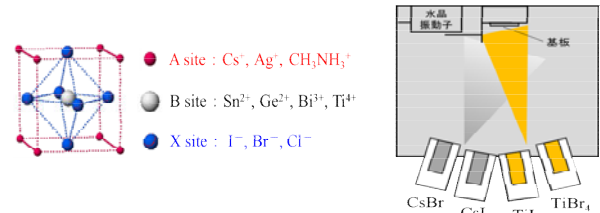


図1 ABX_3 からなるペロブスカイト結晶の構造(左)と多元蒸着法によるハロゲン化CsTi系材料の製膜(右)

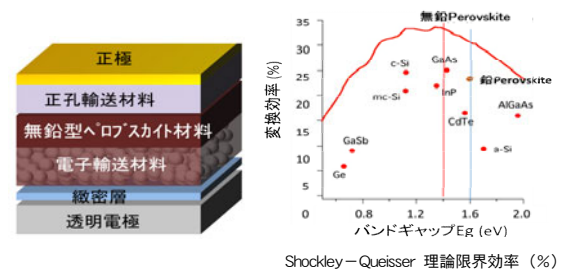


図2 光電変換素子の基本構造(左)と無鉛ペロブスカイト材料の変換効率の理論到達値(右)

【期待される成果と意義】

環境適合性の高い無鉛型組成のペロブスカイト材料を用いて安価でかつ高効率・高耐久性の光電変換素子が得られ、産業実用化が加速する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- A. K. Jena, A. Kulkarni, and T. Miyasaka, "Halide Perovskite Photovoltaics: Background, Status, and Future Prospects", *Chem. Rev.*, **2019**, 119, 3036-3103.
- N. -G. Park, M. Gratzel, and T. Miyasaka, "Organic-Inorganic Halide Perovskite Photovoltaics", Springer International Publishing, **2016**.

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
151,900千円

【ホームページ等】

<http://www.cc.toin.ac.jp/sc/miyasaka/>