

自己偏析を活用した ペロブスカイト太陽電池の高性能化

埼玉大学 大学院理工学研究科
石川 良, 白井 肇

1. はじめに

近年、地球温暖化対策として太陽電池などの再生可能エネルギーの利用拡大に注目が集まっているが、単結晶シリコンを用いたものが太陽電池市場の9割近くを占めている。シリコン自体はクラーク数で2番目と資源量が多いが、二酸化ケイ素または珪酸塩として地殻中に存在するので単結晶シリコンとするには還元・精製・結晶化が必要で多大なエネルギーを必要としている。

シリコンではなく組成式 ABX_3 で示される有機・無機ペロブスカイト結晶(図1)を光吸収層として用いたのがペロブスカイト太陽電池であるが、その特徴として前駆体原料が安価かつ有機溶媒に可溶でプラズマ CVD やスパッタリング装置など大掛かりな装置を用いずに、前駆体を塗って 150°C 程度の低温での加熱乾燥で成膜可能な点が挙げられる。このためここ10年で研究が急速に広まり¹⁻³⁾、光電変換効率(PCE)は受光面積が約 0.1 cm^2 と小面積のものでは最高で 25.7% ⁴⁾ と結晶シリコン系の 26.7% に迫る効率を示している。また低温成膜が可能な点から軽量でフレキシブルなフィルム基板への太陽電池作製も行われている³⁾。さらに、有機・無機ペロブスカイトのバンドギャップの変更が容易な点からタンデム太陽電池の上部素子への適用が試みられ、ペロブスカイト/単結晶シリコンタンデム太陽電池では最高で 29.8% ^{4,5)} の PCE が報告されている。

本稿ではペロブスカイト太陽電池に関して、我々が取り組んでいる貧溶媒滴下法を用いない1段階成膜法、ペロブスカイト薄膜の表面修飾とフッ素系物質の低い表面自由エネルギーを活用した自己偏析を活用したペロブスカイト太陽電池の高性能化について概説したい。

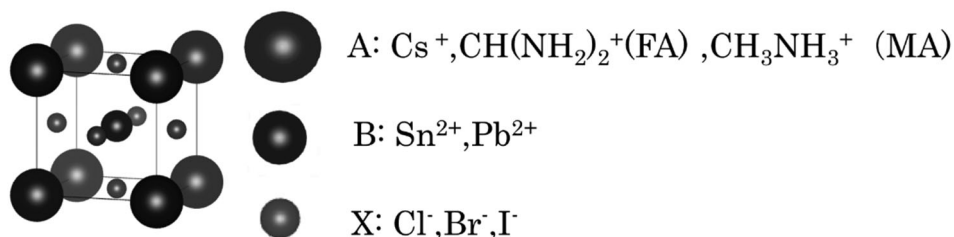


図1 ペロブスカイト結晶構造

2. 有機無機ペロブスカイトの成膜

図2(a)に順型の平面ヘテロ接合型ペロブスカイト太陽電池断面の走査電子顕微鏡像を示す。ガラス基板上的透明導電膜(TCO)と金属電極で、酸化物電子輸送層(ETL), ペロブスカイト層, 有機半導体正孔輸送層(HTL)を挟み込んだ構造をしているが、ガラス基板を除くとその厚さは $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、光を吸収するペロブスカイト層は直接遷移型であり光吸収係数⁶⁾が 10^5 cm^{-1} と大きいことから数百 nm 程度と結晶シリコン太陽電池の500分の1と薄い。この薄いペロブスカイト層に凝集体や空孔が存在すると、短絡・リーク要因となり初期性能のみならず寿命も低下する。