

熱間等方圧加圧法を用いた有機・無機ペロブスカイト層のモルホロジー制御

Morphological control of organic-inorganic perovskite layers by hot isostatic pressing

○松島敏則^{1,2}, 藤原隆³, Chuanjiang Qin^{1,2}, 寺川しのぶ¹, 江崎有¹, Sunbin Hwang¹, Atula S. D. Sandanayaka^{1,2}, William J. Potscavage, Jr.^{1,2}, 安達千波矢^{1,2} (1. 九大 OPERA, 2. JST ERATO, 3. ISIT) ○T. Matsushima^{1,2}, T. Fujihara³, C. Qin^{1,2}, S. Terakawa¹, Y. Esaki¹, S. Hwang¹, A. S. D. Sandanayaka^{1,2}, W. J. Potscavage, Jr.^{1,2}, C. Adachi^{1,2} (1. OPERA Kyushu Univ., 2. JST ERATO, 3. ISIT) E-mail: tmatusim@opera.kyushu-u.ac.jp

有機・無機ペロブスカイト層を活性層とした薄膜太陽電池の変換効率は近年急激に向上し、20%を超える変換効率が既に得られている[1]。ペロブスカイトを基板上にスピコートすると濡れ性や結晶化の問題により薄膜中に多くのピンホールが形成され、太陽電池特性を低下させる原因となる[2]。ピンホールの問題を解決するために真空蒸着法[3]、相互拡散法[4]、ソルベントアニーリング法[5]などの様々な方法が提案されているが、これら方法はペロブスカイト層の成膜中に用いられる方法である。本研究では、ペロブスカイト層の成膜後に熱間等方圧加圧(HIP)処理を行うとピンホールを取り除くことができ、太陽電池特性が向上することを見出したので報告する。

一般的なスピコート法によりペロブスカイト層($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$)を成膜すると多くのピンホールが形成された(図 1)。200MPa・90℃・60 分の条件で HIP 処理を行うとピンホールが減少した。画像解析の結果、HIP 処理によりペロブスカイトの被覆率が約 94%から約 98%に向上することが分かった。HIP 処理を行うと結晶子間の空隙も取り除くことができること、結晶性が向上することも見出した。膜質の向上に伴い電子とホール拡散長が長くなることを確認した。ペロブスカイト層を加圧せずに 90℃で加熱した場合や加熱せずに 200MPa で加圧した場合、このような特性向上は得られなかったことから、HIP 処理により加圧と加熱を同時行うことが重要である。HIP 処理を行うとペロブスカイト太陽電池の短絡電流、開放電圧、フィルファクター、変換効率が向上することが分かった(図 2)。HIP 処理を行った太陽電池の変換効率は $10.6 \pm 0.7\%$ であり、未処理の太陽電池($7.2 \pm 0.6\%$)と比較すると約 1.5 倍高い変換効率であった。本研究で見出した HIP 処理はペロブスカイト層の成膜後に行うために様々な方法で成膜したペロブスカイト層に適用できることが利点である。

[1] National Renewable Energy Laboratory, Best Research Cell Efficiencies; www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg. [2]

Adv. Mater. 25, 3727 (2013). [3] Nature 501, 395 (2013). [4] Energy Environ. Sci. 7, 2619 (2014). [5] Adv. Mater. 6, 6503 (2014).

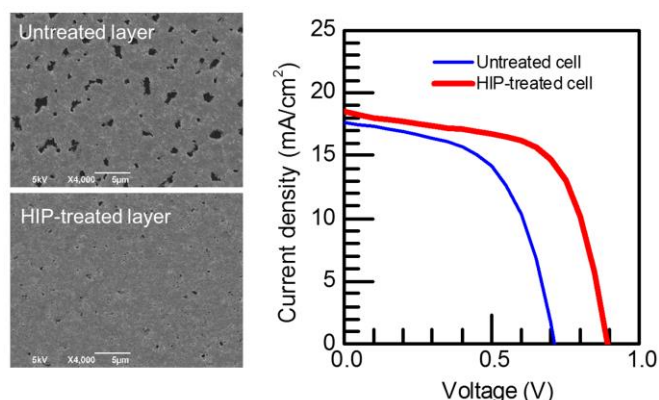


図 1. 未処理および HIP 処理を行ったペロブスカイト層の SEM 像とペロブスカイト太陽電池の電流密度-電圧特性(AM1.5, 100 mW/cm²).