

ペロブスカイト/Si タンデム型太陽電池開発を加速する コンビナトリアルデバイスプロセスシステムの設計指針

The design concept of combinatorial device-process systems
for accelerating the development of Perovskite/Si tandem solar cells

°松木伸行¹, 鯉沼秀臣² (1.神奈川大学工学部, 2. 東京大学新領域)
°Nobuyuki Matsuki¹, Hideomi Koinuma² (1. Kanagawa Univ., 2. The Univ. of Tokyo, ISSP)

E-mail: matsuki@kanagawa-u.ac.jp

【はじめに】有機無機ハイブリッドペロブスカイト（ペロブスカイト）薄膜と結晶 Si によるタンデム型太陽電池の理論変換効率は、Shockley–Queisser 限界値で 40.6%、各種損失を考慮した結果で 29.8~35.0%と推算されており[1]、次世代高効率太陽電池としての期待が高まっている[2, 3]。しかし、ペロブスカイト薄膜の物性については未解明の部分もあり、また、高安定化・プロセス再現性における課題も解決しなければならない。したがって、太陽電池の高効率化には、基礎物性評価および量子化学計算と Materials Informatics に基づく理論的解明と並行しながら条件探索実験を遂行する必要がある。また、Si とのタンデム化における多層構造の材料・膜厚最適化（図 1）を含めれば行うべき実験数はさらに膨大となる。

本研究では、上記の課題をふまえ、ペロブスカイト/Si タンデム型太陽電池開発を加速するコンビナトリアルデバイスプロセスシステムの設計指針について検討する。

【コンビナトリアルデバイスプロセスシステム】
薄膜電子材料におけるコンビナトリアル（Combinatorial）プロセスは、1つのライブラリ（基板）上に、可動・可換メタルマスクを利用して実験条件の異なる多数の試料区画を集積形成することで、1回の実験で数回から数100回実験分の試料やデバイス構造を作製し最適条件の探索を可能にする手法である[4, 5]。

図 2 に、本研究で提案する複数の製膜チャンバーとコンビナトリアルマスク交換室を兼ね備えた集積システムの構成概略を示す。ペロブスカイト層の製膜には、赤外レーザーによる原子層堆積を適用する。また、堆積中膜厚をサブ nm レベルでモニタリング・制御する機構として、大気圧から超高真空まで測定可能であり、またペロブスカイト層にダメージを与えることのない in-situ 分光エリプソメータを用いる（図 3）。当日は本システムのコンセプト詳細について、原理と実験例を交え議論する。

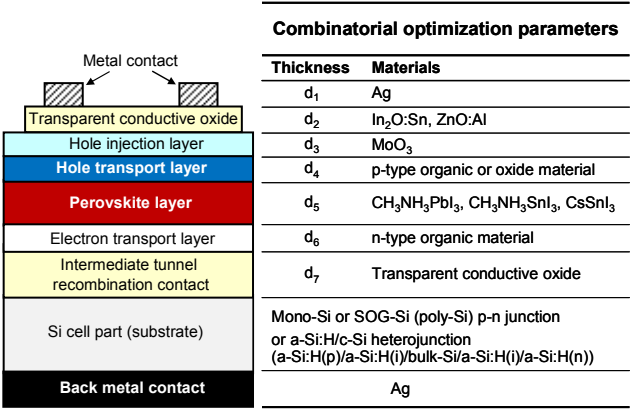


図 1 ペロブスカイト/Si タンデムセルの基本積層構造

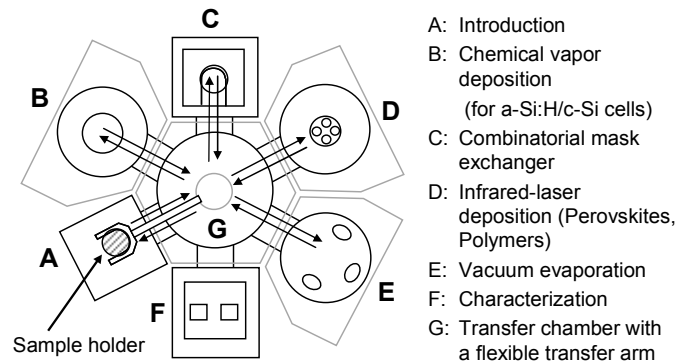


図 2 コンビナトリアルデバイスプロセスシステム構成概略図

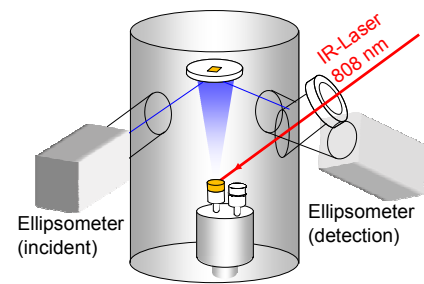


図 3 分光エリプソメータを備えた赤外パルスレーザー堆積チャンバー概略図（図 1 の D 部）

[1] I. Almansouri et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 08KD04 (2015).
[2] S. Albrecht et al., *Energ. Environ. Sci.* **9**, 81 (2015).
[3] J. Werner et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **7**, 161 (2016).
[4] 鯉沼秀臣, 伊高健治: 固体物理 **42** 49 (2007).
[5] N. Matsuki et al., *Applied Physics A* **79**, (2004).