

色素増感太陽電池への応用に向けた 周期形光拡散テクスチャ作製

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

色素増感太陽電池(DSSCs)とは、【図1(a)]のような構造の太陽電池で、色素増感した光触媒 TiO_2 の酸化還元反応により起電力を生じる電池である。特徴として、作製コストが低い点、透明性、また意匠性のあるセルが可能な点などが挙げられる。以上の特色から、建物の窓部に適用する建物一体型太陽電池(BIPV)としての利用も見据えられており、従来のBIPVより社会に馴染みやすい形で普及することを期待されている。一方で変換効率は低く、実用化のためには改善が必要となる。

そこで本研究では、DSSCsに微細テクスチャを適用し、その効果により変換効率の向上を目指している【図1(b)]。先行研究¹⁾にてマイクロディンプル形状、またマイクロ、ナノサイズの二重ディンプル形状($\mu\text{-Tx}$, W-Tx)をDSSCsに適用したところ、N719色素を使用したDSSCsでは W-Tx が、N749色素では n-Tx が最も変換効率を向上させたなど、色素により異なる変換効率向上の傾向が見られた【表1】。これは色素の吸収波長の違いに起因すると考えられたことから、本研究では色素の吸収波長を狙って最良の光マネジメントを実現する、周期形光拡散テクスチャ(Prd-Tx)によるさらなる変換効率の増大が期待された。

以上より本研究では、DSSCsに Prd-Tx を導入し、変換効率への効果を検証した。

■ 活動内容

1. Prd-Tx の開発

Prd-Tx はピラー形状を採用した。N719色素の吸収波長光(390, 530 nm)を高強度、広角に拡散するテクスチャ形状のピッチ、ピラー径を探索し、作製目標として設定した。

Prd-Tx は溶媒アシスト室温ナノインプリントを用いてガラス基板上に SiO_2 テクスチャとして作製した。

2. Prd-Tx のDSSCs適用

作製した Prd-Tx 上に、スプレー熱分解法により透明電極FTOを成膜し、スクリーン印刷法により光触媒 TiO_2 を塗布した。 TiO_2 を色素増感し、DSSCsに組み込んだ。

● Prd-Tx の光学特性

RCWAシミュレーションで得た形状を再現し、全透過率、拡散透過率を測定した。 Prd-Tx はN719色素吸収波長の390 nm以上で高拡散透過となるなど、所望の光学特性を得ていると考えられた【図2】。

1) R. Kimura, C. Oka, S. Hata, and J. Sakurai, Nanomanufacturing 3.3, 315-325 (2023).

● Prd-Tx 上FTO/ TiO_2 界面の接触状態調査

テクスチャ/FTO/ TiO_2 の界面について、断面をSEM-EDX【図3】で、また表面をAFM表面粗さ解析により調査した。 Prd-Tx 上ではFTOは先行研究の W-Tx やテクスチャ無しのものよりも、広い表面積であったことからFTO/ TiO_2 は広い界面を持っていると考えられた【表2】。

● Prd-Tx 適用DSSCsの性能測定

Prd-Tx 適用DSSCsは先行研究において変換効率最高地であった W-Tx を上回る変換効率であった【表3】。

■ 結言

Prd-Tx をDSSCsに適用し、変換効率向上に成功した。これは、 Prd-Tx による光マネジメントの良化、また内部導電性の向上に起因すると考えられた。一方で、 Prd-Tx 上FTOは逆テーパ状であり、 TiO_2 が一部非充填な箇所が見られたことから、さらなる変換効率の向上が示唆された。

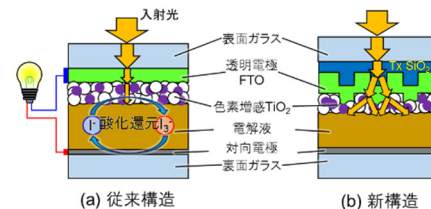
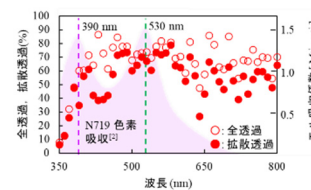


図1 DSSCsの構造

表1 DSSCsへのランダムディンプルテクスチャの適用¹⁾

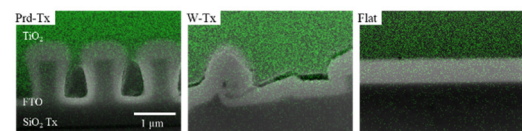
	Flat	n-Tx	W-Tx
	No image		
dye N719 η (%)	2.55	3.01	3.22 (1.26倍)
dye N749 η (%)	2.17	2.41 (1.11倍)	2.38

図2 Prd-Tx の TiO_2 層への光マネジメント表2 各テクスチャ上FTO/ TiO_2 の界面積

	Prd-Tx	W-Tx	Flat
FTO/ TiO_2 界面積 ($\mu\text{m}^2/\square 5 \mu\text{m}$)	44.8	34.4	25.4

表3 各テクスチャ適用DSSCsの性能

	Prd-Tx	W-Tx	Flat
変換効率(%)	3.13	3.08	2.46
短絡電流密度 (mA/cm^2)	7.50	8.33	5.56
開放電圧 (V)	0.69	0.66	0.66
FF	0.61	0.56	0.67

図3 各テクスチャ上の TiO_2 /FTO/テクスチャ断面SEM・EDX重ね合わせ像

代表発表者 木村 龍太郎(きむら りゅうたろう)

所 属 名古屋大学工学研究科
マイクロ・ナノ機械理工学専攻問合せ先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町
工学研究科 E1 創発工学館 518 室
TEL: 052-789-5224
kimura.ryutaro.n1@s.mail.nagoya-u.ac.jp■キーワード: (1) 色素増感太陽電池
(2) 光マネジメント
(3) 微細加工

■共同研究者:

岡智絵美 (chiemi.oka@mae.nagoya-u.ac.jp)

秦誠一 (seiichi.hata@mae.nagoya-u.ac.jp)

櫻井淳平 (junpei.sakurai@mae.nagoya-u.ac.jp)