

# プラズマ処理による有機薄膜の表面改質と 太陽電池 (PAn/HP/C<sub>60</sub>) への応用

機械システム課 寺澤孝志

## 1. 緒言

有機薄膜太陽電池 (Organic Thin Film Solar Cell; OFSC) の特性向上のためには、薄膜の接合界面の制御が重要である。OFSC は、pn 接合界面で光を吸収して電子-正孔対を生成、その電子-正孔対を電荷へと分離、負極または正極へと運ぶことにより太陽電池として機能する<sup>[1]</sup>。本研究では、pn 接合界面の実効面積を増すことを目的に、p 型薄膜の成膜後プラズマ処理を行い<sup>[2]</sup>、次いで、n 型薄膜を成膜することにより、OFSC の特性改善を試みたので報告する。

## 2. 実験方法

図 1 に、作製した OFSC の外観と作製手順を示す。ITO 付きガラス基板の上に、p 型有機半導体であるポリアニリン (PAn) と、集光のための色素であるヘマトポルフィリン (HP) との複合膜 (PAn-HP) を形成した。例えば、HP25 は、PAn と HP の重量比 (75:25) を示す。次にプラズマ処理により PAn-HP 膜の表面改質を行った。さらに、n 型半導体であるフラーレン C<sub>60</sub> (C<sub>60</sub>) と、電極のアルミニウム (Al) を真空蒸着することにより、OFSC [ITO/PAn/HP/C<sub>60</sub>/Al] を作製した。この OFSC の特徴は、ヘテロ pn 接合と、HP による吸収帯のワイド化である。

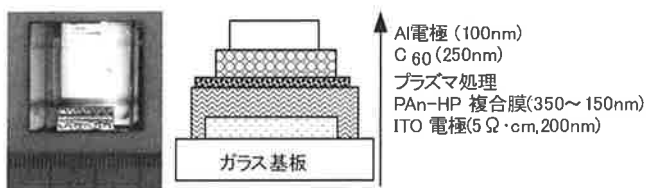


図 1 OFSC の外観 (平面) と作製手順 (断面)

プラズマ処理の条件は、投入電力 (100W)、酸素流量 (30ml/min)、曝し時間 (2min) とした。プラズマ処理の評価は、原子間力顕微鏡 (AFM) で表面粗さ (Ra) を比較することにより行った。OFSC の評価は、量子変換効率 (QE)、および電池特性 [開放電圧 (Voc)、短絡電流 (Jsc)、曲

線因子 (FF)] により行った。QE (=Ne/Np) は、発生電子数 (Ne) と照射光子数 (Np) から求めた。太陽電池特性は、AM1.5 のスペクトル光を用いた。

## 3. 実験結果と考察

図 2 に、プラズマ処理の前後での Ra の比較を示す<sup>[3]</sup>。HP00 では 2.6nm (後 5.2nm)、HP50 では 1.3nm (6.8nm)、HP100 では 2.0nm (5.0nm) と共に Ra が増した。

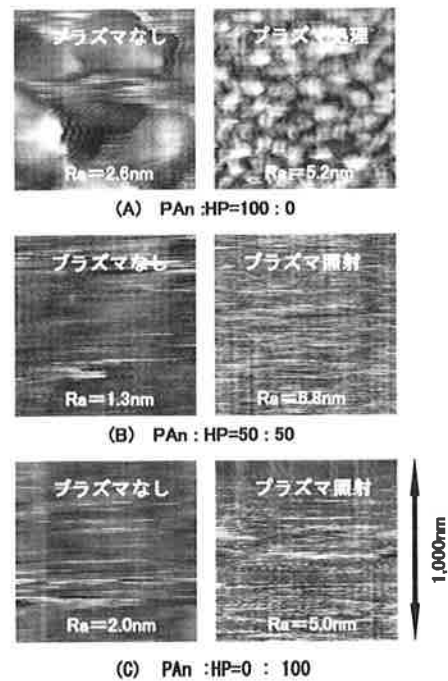


図 2 PAn-HP 複合膜へのプラズマ処理と Ra の変化

図 3 に、QE を示す。HP00 (PAn のみの組成) は、pn 接合に起因する 420nm の吸収ピークを持ち、プラズマ処理の前後では大きな変化は見られなかった。QE は 1% 程度 (420nm) を示した。HP25 では、420nm の吸収ピークは 480nm へとシフトし、610nm 付近に HP に起因する 4 つのピーク (525, 660, 610, 650nm) が現われた。QE は、420nm において 0.3% へと低下し、プラズマ処理後では全波長域で低下した。H50 では、480、610nm の吸収ピークは大きくなり、QE は 0.3% へと増加した。特に、

HPの重量比の増加と共に525~650nmの変換効率( QE)は上昇した。しかし、プラズマ処理後では全波長域でQEは低下した。

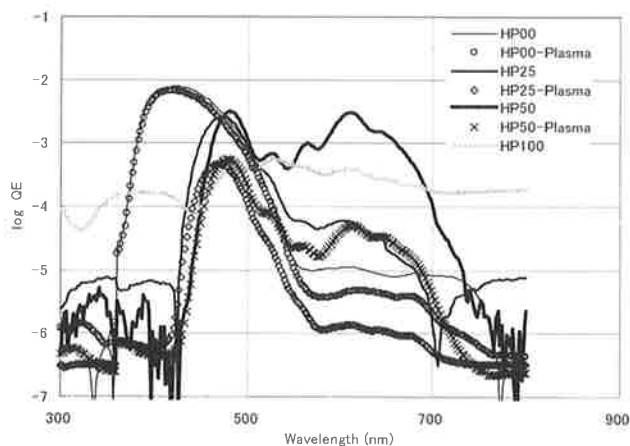


図3 OFSC [ITO/ PAn/ HP/ C<sub>60</sub>/ Al] の量子変換効率(QE)

表1 OFSC の太陽電池特性

OFSC名	Voc (V)	Isc (μA/cm <sup>2</sup> )	FF
PAn:HP=100:0	0.26	2.2	0.29
PAn:HP=100:0 +Plasma処理	0.35	2.3	0.31
PAn:HP=75:25	0.12	8.3	0.38
PAn:HP=75:25 +Plasma処理	0.42	0.31	0.21
PAn:HP=50:50	0.11	26.2	0.35
PAn:HP=50:50 +Plasma処理	0.27	0.5	0.2

表1に、OFSCの特性[Voc、Jsc、FF]を示す。プラズマ処理後は、Vocの向上が見られ、プラズマ処理が界面形成に影響を与えることが判った。一方、Jscは減少した。これは、HPが変質したためと考えられる。PAn(HP00)では、特性の変化が少ないことを考慮すると、HPの変質がOFSC特性に影響を与えることが判った。

図4に、プラズマ処理がpn接合界面に与える影響を示す。プラズマ処理無しでは、PAnの高分子鎖末端とC<sub>60</sub>の接点が少ないが、プラズマ処理後では接点が増え

ると考えられる。HP50まではHP量が増えるにつれJscが増すが、それ以降ではPAnの量(導電パス)が減少し、増えない。HPはプラズマ処理後に再導入の必要がある。

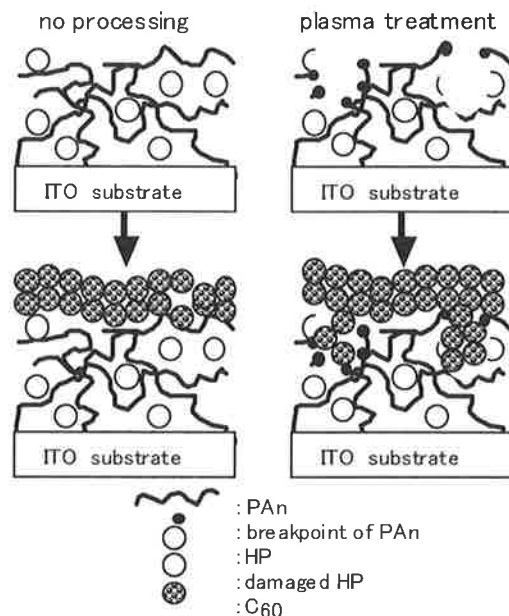


図4 プラズマ処理がpn接合界面に与える影響

#### 4. まとめ

有機薄膜太陽電池 [ITO/ PAn/ HP/ C<sub>60</sub>/ Al] の特性向上を目指し、PAn-HP複合膜の成膜後プラズマ処理を行った結果、プラズマ処理はVocの向上に有効であることが判った。また、Jscの向上のためには、HPをプラズマ処理後に再導入すればよいことが判った。

#### 「参考文献」

- [1] K.Yoshino *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, **44**, (1997) No. 8, 1315.
- [2] A.Fujii *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **43**, (2004) No. 12, 8312.
- [3] T.Terasawa, Abstr. (Mar., 2009); Japan Society of Applied Physics M&BE5, A-P3.

キーワード：有機薄膜太陽電池、プラズマ処理、AFM、量子変換効率、開放電圧、短絡電流

Surface Reforming of Organic Thin Film by Plasma and Improvement of Conversion Efficiency on Solar Cell Composed of Conducting Polymer/Hematoporphyrin/C<sub>60</sub>

Mechanical System Section; Takashi TERASAWA

For the purpose of characteristic improvement of organic thin film solar cell [ITO/ PAn/ HP/ C<sub>60</sub>/ Al], plasma treatment (PT) was carried out after the film formation of PAn-HP composite membrane. As the result, it was proven that PT was effective for improvement in Voc. And, it was proven that HP might be introduced after PT again for improvement of Jsc.