

# ハイブリッド有機デバイスの開発

電子技術課 寺澤 孝志 生活工学研究所 佐伯 和光

## 1. 緒言

有機薄膜電界効果トランジスタ(Organic thin film Field Effect Transistor : O-FET)や有機薄膜太陽電池(Organic Solar Cell : O-SC)は、フレキシブルなデバイスの可能性や、プリンタブルで生産性に優れるなどの観点から、開発が進められている。O-FETは、液晶や有機ELなどの表示デバイス用の駆動トランジスタとして、O-SCは、携帯可能な小型電力貯蔵システムの太陽電池として期待されている。一方で、O-FETやO-SCは、性能が安定しないため、水蒸気や酸素から保護するガスバリア膜(Gas Barrier Film: GB-F)が必要である。

本研究では、O-FETとO-SCを試作し、GB-Fで被覆して特性の評価を行った。その結果、O-FETとO-SCの特性劣化を抑えることができたので報告する。

## 2. 実験方法

前年度は、図1に示すO-FETを試作し、新規のGB-Fの効果を確認した。開発したGB-Fは、成膜が容易な酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)膜上にフッ素系単分子(FC)を化学結合させた複合膜である。

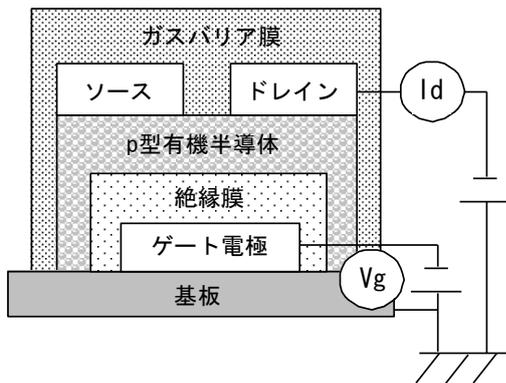


図1 有機薄膜電界効果トランジスタ(O-FET)の構造

ゲート電圧(V<sub>g</sub>)とドレイン電流(I<sub>d</sub>)の関係調べた結果、電流値のon/off比は、 $I_d(V_g=30V)/I_d(V_g=0V)=10^2$ 程度であった。温度85℃、湿度85%、暴露時間1hの加速寿命試験後では、 $I_d(V_g=30V)/I_d(V_g=0V)=10^3$ 程度と特性は大幅に向上した。これは、FC膜による水分の遮蔽機能と、SiO<sub>2</sub>膜によるp型有機半導体の安定化のためと考えている。

今年度は、図2に示すO-SCを試作し、O-FETで効果のあったGB-Fを用いて、安定性の向上を目指した。

O-SCは、有機半導体からなるpn接合に光を照射することでキャリアを生成させ、内部に生じる電場により外部に電力を取り出すデバイスである。O-SCの作製は以下のとおりである。

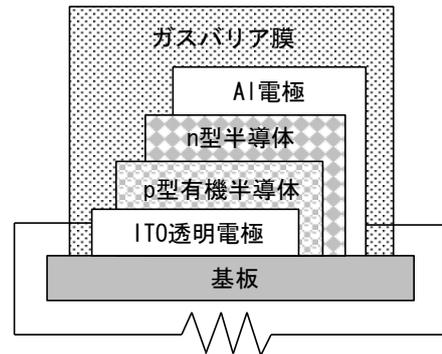


図2 有機薄膜太陽電池(O-SC)の構造

表面抵抗10ΩcmのITO透明電極付きガラス基板上に、p型有機半導体として、導電性高分子のポリアニリン(PAn)膜をスピコート法で成膜した。膜厚は250nmとした。次に、n型半導体であるフラーレンC<sub>60</sub>(C<sub>60</sub>)を真空蒸着法で、300nm成膜した。最後に電極のアルミニウムを真空蒸着法で、200nm成膜した。O-SCは、空気中の水蒸気や酸素で機能の劣化が始まるので、ガスバリア膜で覆った後に特性を評価した。

## 3. 実験結果

作製したGB-Fは、①SiO<sub>2</sub>(3μm, スパッタリング)、②SiO<sub>2</sub>(3μm, スパッタリング)/FC(10nm, 真空蒸着)である。また、pn接合界面の不安定さを解消するため、GB-F被覆後、140℃(30min)で熱処理したO-SCも準備した。

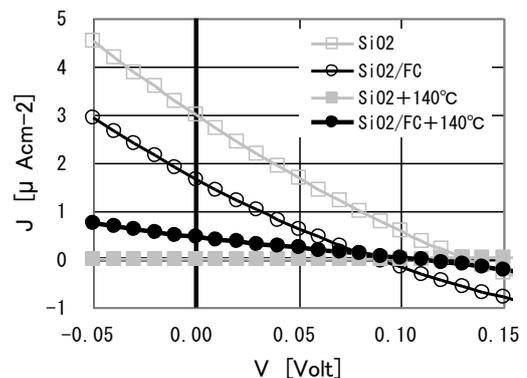


図3 ガスバリア膜(GB-F)で被覆したO-SCのJ-V特性

図3に示すように、熱処理をしたものはJ-V特性の低下が見られたが、後述するように、これはO-SC内の導電機構の変化によるもので熱処理の効果は認められている。また、熱処理後ではSiO<sub>2</sub>/FC複合膜はSiO<sub>2</sub>膜に比べ特性劣化の観点からは優位であった。

次に、O-SCの大きな損失要因の一つに各界面でのキャリアのトラップが挙げられる。そこでITO表面を酸素プラズマで処理しクリーニングにした後、PAnを成膜して作製したO-SCについて、図4にJ-V特性を示す。

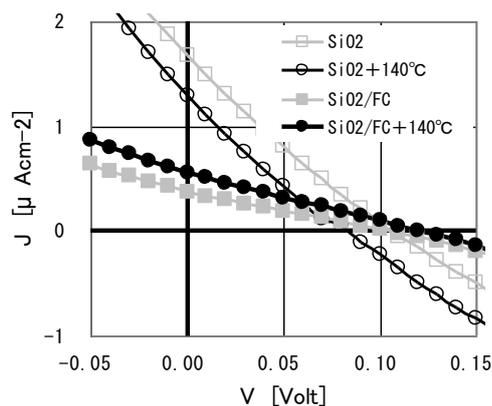


図4 ITO表面をプラズマ処理したO-SCのJ-V特性  
作製直後のO-SCの特性は、GB-FにSiO<sub>2</sub>膜、SiO<sub>2</sub>/FC膜を用いたもの共に同様の特性を示した。SiO<sub>2</sub>膜を用いたもので若干特性が良かった。熱処理後では、開放電圧V<sub>oc</sub>が増加し、短絡電流J<sub>sc</sub>が低下した。SiO<sub>2</sub>/FC膜の方が、若干特性の劣化を抑えることができた。

図3, 4の特性, O-SC, GB-Fの構成および機能処理を表1に示す。図3, 4で見られた熱処理によるJ-V特性の違いを調べるために、光の波長毎の量子効率QE(出力電子数/光子数)を測定した。結果を図5に示す。作製直後のO-SCは、420nm, 630nmに吸収ピークをもち、それぞれAl/C<sub>60</sub>, ITO/PAn界面の特性を示しており、PAn/C<sub>60</sub>界面がうまく機能していない事が判った。さらに、熱処理後は540nmのピークが出現しており

PAn/C<sub>60</sub>界面形成が促進されることが判った。これらは、GB-Fで被覆しO-SCを安定化することにより見えてきた現象であり、今後の発展に期待が持てる。

表1 O-SC, GB-Fの構成, 機能処理とJ-V特性

O-SC	GB-F	plasma	熱処理	V <sub>oc</sub> /V	J <sub>sc</sub> /Acm <sup>-2</sup>	FF	Eff
PAn/C <sub>60</sub>	SiO <sub>2</sub>	—	—	0.13	3.0×10 <sup>-6</sup>	22	86×10 <sup>-6</sup>
PAn/C <sub>60</sub>	SiO <sub>2</sub>	○	—	0.11	1.7×10 <sup>-6</sup>	23	40×10 <sup>-6</sup>
PAn/C <sub>60</sub>	SiO <sub>2</sub>	—	○	0.02	0.1×10 <sup>-6</sup>	23	1×10 <sup>-6</sup>
PAn/C <sub>60</sub>	SiO <sub>2</sub>	○	○	0.08	1.3×10 <sup>-6</sup>	22	23×10 <sup>-6</sup>
PAn/C <sub>60</sub>	SiO <sub>2</sub> +FC	—	—	0.09	1.7×10 <sup>-6</sup>	22	32×10 <sup>-6</sup>
PAn/C <sub>60</sub>	SiO <sub>2</sub> +FC	○	—	0.11	0.4×10 <sup>-6</sup>	25	1×10 <sup>-6</sup>
PAn/C <sub>60</sub>	SiO <sub>2</sub> +FC	—	○	0.11	0.5×10 <sup>-6</sup>	24	12×10 <sup>-6</sup>
PAn/C <sub>60</sub>	SiO <sub>2</sub> +FC	○	○	0.12	0.6×10 <sup>-6</sup>	24	17×10 <sup>-6</sup>

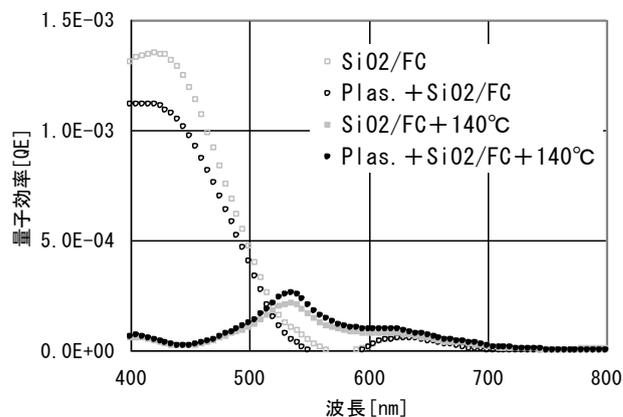


図5 量子効率の波長依存性

#### 4. まとめ

有機薄膜太陽電池(O-SC)を、水蒸気や酸素から保護するためのガスバリア膜(GB-F)の開発を行った。併せて高性能化のための処理方法について検討した。O-SCを試作、新規のGB-Fで被覆し、特性評価を行った結果、安定性の確保と共に特性劣化を抑えることができた。

「参考文献」

- [1] A.Fujii *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **43**, (2004) No. 12, 8312.
- [2] T.Terasawa, JSAP, M&BE5, ABSTRACTS, A-P3 (Mar. 2009)

キーワード：有機薄膜電界効果トランジスタ, ガスバリア膜, ハイブリッドデバイス, 環境試験

### Development of Hybrid Organic Device

Takashi TERASAWA, Kazumitsu SAEKI

Gas barrier film for protecting Organic Solar Cell (O-SC) from steam and oxygen was developed. O-SC was produced experimentally, and it was covered in new gas barrier composite membrane. As a result of evaluation of O-SC in before and after of environmental test, it was possible to drastically hold characteristic degradation.