分子配向が制御された有機半導体分子の結晶相転移

Molecular Orientation Control of Organic Semiconducting Molecules by Changing Crystal Phase

○堀川孝史 [1], 山本晃平 [2], Md. Shahiduzzaman,[3] 辛川 誠 [1. 3. 4, 5], 高橋 光信 [1. 5], 當摩 哲也 [1. 3. 4, 5]
(1. 金大院自, 2. AIST, 3. NanoMari, 4. InFiniti, 5. RSET)
T. Horikawa[1], K. Yamamoto[2], Md. Shahiduzzaman,[3] M. Karakawa[1. 3. 4, 5], K. Takahashi,[1. 5] and T. Taima[1. 3. 4, 5*]
(1. Kanazawa Univ, 2. AIST 3. NanoMari, 4. InFiniti, 5. RSET)
*E-mail: taima@se.kanazawa-u.ac.jp

【緒言】p 型半導体の Zinc Phthalocyanine (ZnPc)は蒸着すると基板に対して立った配向になるが、Copper Iodide (CuI)基板上では寝た配向になる。寝た配向の ZnPc 膜は光吸収や電荷輸送効率が増大し、その結果素子性能が向上することが報告されている[1]。また、立った配向の ZnPc 膜を 200 ºC 程度で加熱すると α 型から β 型への結晶相転移が起こり、光吸収領域の長波長シフト及び、吸光係数が増大することが知られている。本研究では CuI 基板上の寝た配向を示す ZnPc の基板加熱による α 型から β 型への結晶相転移がもたらす、さらなる光吸収の増大の可能性を検証し、その効果の太陽電池素子性能向上への寄与を検討した。

【実験】真空蒸着法によって Glass/ITO/ZnPc/C_{60}/BCP/Al のプラナーヘテロジャンクション(PHJ)型の素子を作製した。ZnPc 膜を製膜後に N_2 下で 220 ºC、30 min 加熱した後、C_{60}、BCP、Al の順で製膜し、太陽電池特性を評価した。

【結果と考察】Fig. 1 に立った配向を示す ZnPc 膜における光吸収スペクトル及び IPCE スペクトルを示す。ITO 基板上で立った配向を示す ZnPc 膜(Fig. 1a)では、従来の報告通り α 型から β 型への相転移に伴う吸収領域の長波長シフトが確認できた。Fig. 1b より ZnPc 膜の α 型から β 型の相転移によって 650 nm~750 nm 付近の量子効率が向上したことがわかる。この変化は太陽電池特性(Table 1)にも反映され、Jsc は 1.37 倍、PCE は 1.16 倍に向上した。一方、CuI 基板上で寝た配向を示す ZnPc 膜(Fig. 2)においても、α 型から β 型への相転移に伴う吸収領域の長波長シフトが確認できた。ZnPc 膜の吸光係数を 300 nm から 900 nm まで積分すると、α 型より β 型が大きく、ITO 基板上より CuI 基板上が大きくなり、結果として CuI により分子配向が寝た配向に制御された ZnPc 膜の β 型の吸光係数が最大となることがわかった。このような寝た配向に制御された ZnPc 膜の β 型を太陽電池素子へ応用することで光吸収が増加し、さらなる素子性能向上を期待できる。

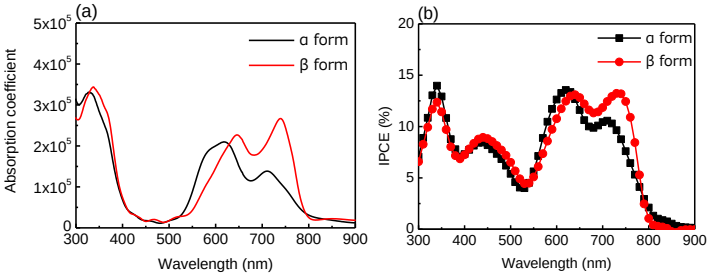

Fig. 1 ITO 基板上で立った配向を示す ZnPc 膜(a)光吸収スペクトル (b)IPCE スペクトル

Table 1 ITO 基板上で立った配向を示す ZnPc 膜の太陽電池特性

	Jsc (mA/cm^2)	Voc (V)	FF	PCE (%)
α form	2.56±0.07	0.42±0.00	0.51±0.05	0.55±0.04
β form	3.50±0.17	0.41±0.01	0.45±0.01	0.64±0.02

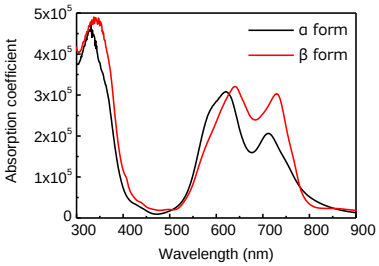

Fig. 2 CuI 基板上で寝た配向を示す ZnPc 膜の光吸収スペクトル

[1] Y. Zhou, T. Taima et al., Appl. Phys. Lett., (2012), 100, 233302