

実施課題番号：2007A1881

実施課題名：溶液プロセスによる高移動度 n 型有機 TFT 開発を目指したフラーレン誘導体薄膜の
高次構造評価

実験責任者所属機関及び氏名：九州工業大学情報工学部電子情報工学科 永松秀一

使用ビームライン：BL13XU

【目的】

有機半導体を用いた次世代の薄膜トランジスタ (TFT) の研究が近年盛んに行われている。有機半導体を用いることにより、柔軟性に優れ塗布印刷により製造可能な TFT 回路が可能となり、フレキシブルかつローコストのディスプレイ駆動回路や無線タグ回路へと応用されることが期待されている。現在、その実現において最大の課題は、電荷移動度等の半導体性能の向上もさることながら、再現性を含めた歩留まりの向上である。特にインクジェットなどの溶液プロセスの応用面で最も期待されている可溶性有機半導体では、実用化へ向けた再現性が極めて深刻な問題となっている。

可溶性有機半導体の構造およびその薄膜形成過程に関する研究は、形態観察を中心に行われているが結晶化度、結晶構造、結晶配向等の詳細な構造に関する本格的な研究はまだ始まったばかりである。またこれら可溶性有機半導体の構造要因に関する研究報告は、ポリチオフェンに代表される p 型有機半導体についての報告が殆どである。当該課題において、可溶性を示す n 型有機半導体として有望視されているフラーレン誘導体について、その薄膜内部の微細構造を詳細に調べ、高移動度、高性能な有機 n 型 TFT を実現するための指針を得るものである。

【利用方法】

BL13XU に設置された微小角入射 X 線回折装置 (ATX-GSOR) により、微小角入射 X 線回折法 (GIXD) により面内及び面外回折を測定し、試料調整条件が異なる薄膜試料の結晶性や分子配向などの相違を明らかにした。試料として [6, 6]-Phenyl C61-Butyric acid Methyl ester (PCBM) など数種類のフラーレン誘導体を用いた。フラーレン誘導体としては炭素、水素、窒素及び酸素原子からなる置換基を有し、置換基の形状、数、長さの違う系統的なフラーレン誘導体を用いる。系統的な誘導体を用いることにより、その置換基による膜構造への影響を明らかにし、より優れた半導体性を示す新規フラーレン誘導体の分子設計開発にフィードバックする。フラーレン誘導体薄膜の作製は、スピコート法により基板上にフラーレン誘導体の溶解溶液を回転塗布することで行った。このときの溶液濃度、溶媒種をパラメータに実験を行った。波長約 0.1nm の X 線を入射角 0.14° で試料に入射し面内回折測定を行った。

【結果及び考察】

溶媒としてトルエン、クロロホルム及びクロロベンゼンを用いて濃度 0.5wt% 溶液から作製した各 PCBM 薄膜の面内 X 線回折プロファイルを Fig. 1 に示す。回折角 5° 付近にトルエンを用い

て作製した薄膜のみ回折を示した。またこの 5° 付近の回折は希薄溶液にすると減少することを確認した。これらのことより PCBM はクロロホルムやクロロベンゼン溶液中では単一分散に近い状態にあり、一方 0.5wt% のトルエン溶液中では単一分散し難く、ある程度の大きさのクラスター状に分散していることが示唆される。現在、有機エレクトロニクス関連の実験室レベルでの研究開発ではクロロホルムやクロロベンゼンなどが有機半導体材料の良溶媒として広く用いられているが、今後の産業化を鑑みると溶媒として塩素などのハロゲンを含むクロロホルムやクロロベンゼンよりも、ハロゲンを含まないトルエン中での単一分散の実現が望まれる。そこでトルエン中での単一分散を目指したフラーレン誘導体の分子設計が必要となってくる。

Fig. 2 にトルエン 0.5wt% 溶液から作製した 3 種類のフラーレン誘導体薄膜 (Sample1=PCBM) の面内 X 線回

折プロファイルを示す。Fig. 1 と同様に Sample1 薄膜では 5° 付近に回折が見られるが、Sample2 薄膜では減少しており、また Sample3 においてはその回折はほぼ消滅していることが明らかとなった。Sample3 薄膜については効率的にトルエン溶液中での単一分散が行われていると考えられ、このフラーレン誘導体を用いた有機デバイスの産業化に大きな期待が持てる。

今後、フラーレン誘導体薄膜の微小角入射 X 線小角散乱法 (GISAXS) による薄膜中でのクラスターサイズの評価や、溶液中での X 線小角散乱法 (SAXS) による溶液中でのクラスターサイズの評価などフラーレン誘導体の分散状態の詳細を調査することで、さらに溶液プロセス適用性の高いフラーレン誘導体の開発が推進されると考える。

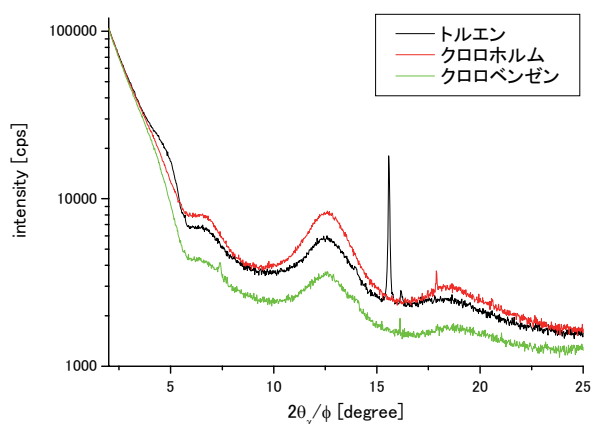


Fig. 1 各種溶媒溶液からの PCBM 薄膜の面内回折

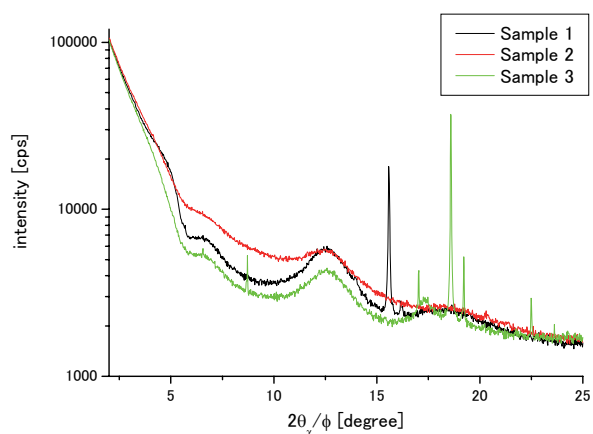


Fig. 2 トルエン溶液からの薄膜面内回折