

ペリレンを用いた薄膜トランジスタ(FET)の作製と評価

(学習院大理) ○小堀稔文 柿沼孝司 奥山広幸 小林浩之 小谷正博

(分子研) 藤原栄一 多田博一

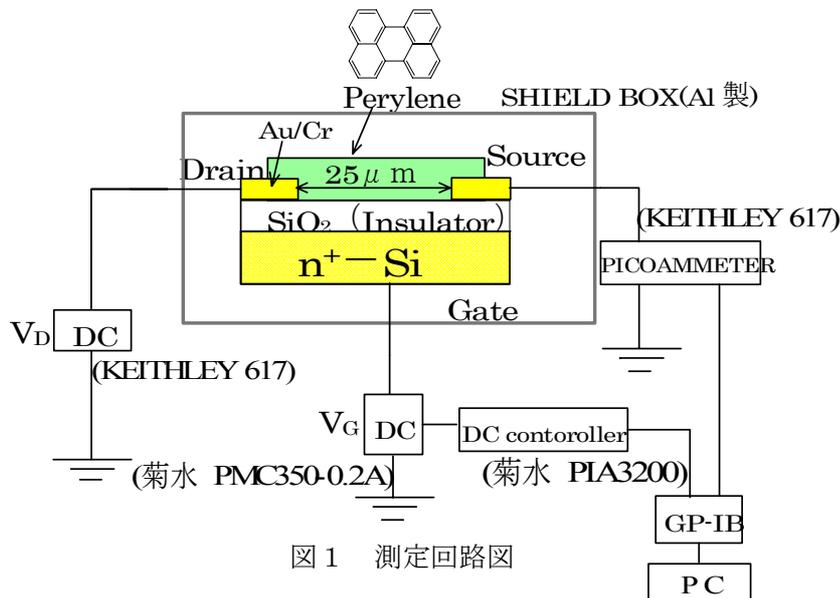
【序】最近、新電子デバイスの開発といった面で有機薄膜の電界効果トランジスタ (OFET) が注目を浴びていて、数多くの研究が行われている。しかし、キャリア移動度、キャリア生成機構などを明らかにすることができるといったもう一つの FET の特徴に着目した研究は意外と少ない。

キャリア移動度は物質の電荷輸送能力、電子デバイスの特性を知る上で重要なパラメーターである。小谷研究室では Time of flight (TOF) 法により高純度有機結晶中のキャリア移動度を測定してきた。移動度はこの TOF 法の他に Field-Effect Transistor (FET) 特性からも求められる。しかし、FET 測定で観察されるキャリア移動度が何を意味するかは必ずしも明らかではない。

我々は Perylene 薄膜を用いた FET を作製し、有機 FET におけるキャリア輸送機構を調べている。ペリレンはペンタセンなどといった OFET によく用いられる有機化合物と比べ、化学的高純度の試料を得ることができるため、OFET での物理現象の解明につながると考えている。今回は得られた動作特性、電流の時間応答、キャリア移動度について報告する。

【実験】作製した OFET の概略図と測定回路を図 1 に示す。FET 基板は分子科学研究所 分子集団研究系 分子集団動力学研究部門 で作製した。Photo-lithography により Si 基板に Au の楕円電極を蒸着した。Si 基板が Gate 電極、Au の楕円電極の片方が Source 電極、もう片方が Drain 電極になっている。有機半導体層にはゾーン精製した Perylene を使用した。FET 基板上に Perylene を真空蒸着して完成である。

Gate 電圧 ( $V_G$ ) を印加して Perylene 層に電荷を誘起し、Drain 電圧 ( $V_D$ ) により Source-Drain 間のペリレン薄膜中に Drain 電流 ( $I_D$ ) を流し微小電流計で測定した。



【結果】ある一定の  $V_G$  ( $<0$ ) で  $V_D$  を  $0\sim-100V$  まで変化させたときの  $I_D$  の振る舞いを図2に

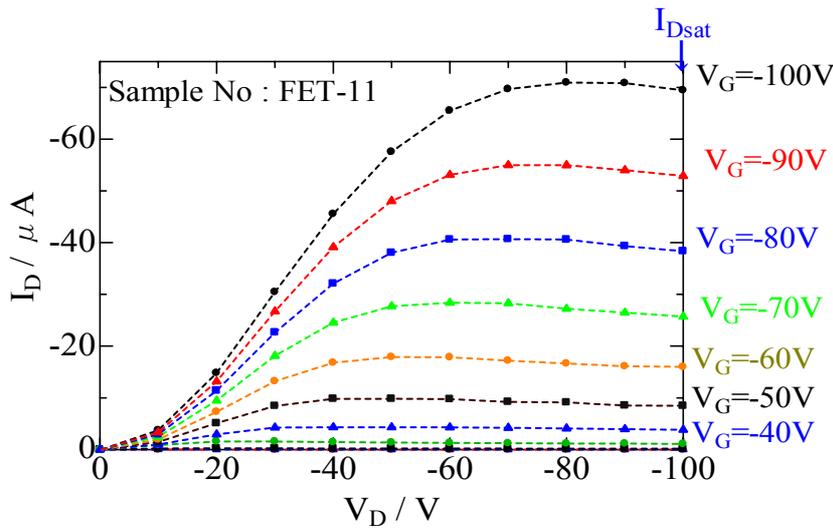


図2 FET 特性曲線

示す。 $V_D$  が負に小さい領域では  $I_D$  が直線的に増加し、 $V_D$  が負に大きい領域では  $I_D$  が飽和している。また、 $V_G$  が負に大きいほど飽和電流値  $I_{Dsat}$  が大きくなっている。これらは p 型 FET (多数キャリアがホール) に見られる特性である。各  $V_G$  での  $I_{Dsat}$  の値をプロットしたのが図3。 $I_{Dsat}$  の値は次式で表される。

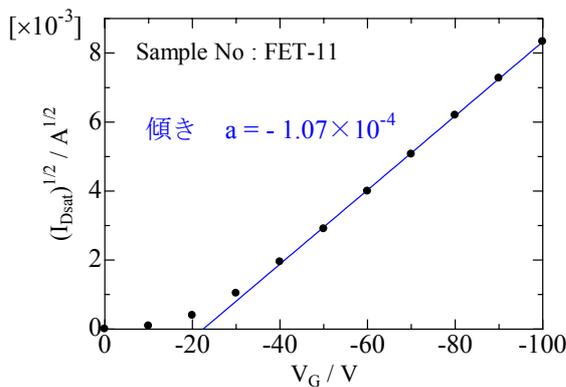


図3 飽和電流  $I_{Dsat}$  と  $V_G$  の関係

$$I_{Dsat} = (W \mu C / 2L) \times (V_G - V_t)^2$$

$W$ :チャンネル幅  $L$ :チャンネル長  
 $C$ :絶縁膜の単位面積あたりの電気容量  
 $\mu$ :移動度  $V_t$ :しきい値電圧

従って、図3の直線の傾きから移動度  $\mu$  を求めるとペリレン薄膜の移動度は  $3.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/Vs$  であった。

このように FET 動作するサンプルをいくつか作ることに成功した。最大で数十  $\mu A$  の電流が流れるデバイスもできた。しかし、電流値や移動度はサンプルによってかなり違いがあり、ペリレン薄膜の状態や膜形成の条件によるところが大きいと考えられる。

また、測定した電流は時間変化することが確認された(図4)。ペリレンが吸収する波長の光 (Blue、Green-LED) をサンプルに照射すると電流値が増加することから、ペリレン薄膜中に電流を流すとキャリアがトラップされ、そのトラップされたキャリアは光によってデトラップし、また電流に寄与すると考えている。

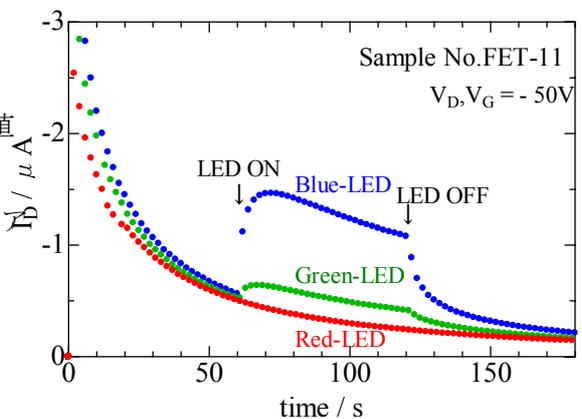


図4 電流の時間変化と光照射の影響