

4P013

電圧ストレス効果に対する有機分子再配向の寄与

東大院総合¹、名大院理² ○伊藤 卓郎¹、松下 未知雄²、鈴木 健太郎¹、
菅原 正¹

【序】

電界効果トランジスタ(FET)の問題とされている点の一つに、バイアスストレス効果がある。これは、FET 素子にゲート電圧をかけ続けていると、次第にスレッショルド電圧がゲート電圧の方へ移動してしまう現象で、注入されたキャリアが何らかの原因により、トラップされると解釈されている。^{1,2}

本研究では、TTF、TCNQ、ポリヘキシルチオフェンやオリゴチオフェン誘導体を用いて FET 構造を作製し、バイアスストレスによるスレッショルド電圧変化に対する温度の効果を詳細に調べ、バイアスストレス効果がある温度以下では消失することを見出した。スレッショルド電圧移動現象の起こりやすさが、温度に依存するという事は、分子の配列や動きが関与していることを示唆する。そこで、一般的なドナーであるテトラチアフルバレン(TTF)と、TTF にチオアルキル鎖を導入した分子 TTF(SC₁₂)₄ に関して一定ゲート電圧下での電流値減衰測定を行い、キャリアのトラップに対する分子構造の影響について検討を行った。

【実験】

表面酸化シリコン板 (絶縁膜 300 nm) 上に形成された楕型の金電極 (電極幅 2 μm、電極間隔 2 μm) 上に、試料溶液を滴下し溶媒を蒸発させるキャスト法 (グローブボックス内、窒素雰囲気下)、または真空蒸着法により、半導体層を形成させ、ボトムコンタクト型 FET 構造を作製した。TTF に関しては、クロロホルム溶液によるキャスト法及び蒸着法を用い、TTF (SC₁₂)₄ にはクロロホルム溶液中でのキャスト法を用いた。

ソースドレイン電流 (I_{SD}) 減衰測定は、ヘリウム雰囲気下で、試料にゲート電圧をかけずにある温度まで冷却した後、一定のゲート電圧及びソースドレイン電圧印加下での I_{SD} 電流値の時間変化を測定することで行った。測定には KEYTHLEY 6487 型ピコアンメータを用いた。この方法で、電流値減衰の速さを、キャリアトラップの起こる速さとして計測した。

【結果及び考察】

図に TTF (1)と TTF (SC₁₂)₄ (2)の I_{SD} 電流値の減衰の温度依存性を示した。いずれも、ゲート電圧 -30 V、ソースドレイン電圧 1 V で測定を行っている。縦軸は初期の電流値を 1 としたときの電流減衰の割合を示したものである。TTF(キャスト)では 230 K において、500 sec 程度で I_{SD} 値は 40 % まで減衰しているのに対し、TTF(蒸着)は同じ 230 K で 60 % 程度となっており、試料の作成法によってバイアスストレスに対する影響が異なることがわかる。また、TTF (SC₁₂)₄ では室温付近になるまでほとんど減衰が見られなかった。なお、各試料の ON / OFF 比に大きな違いがある場合には、

これを考慮する必要が生じることになる。そこで、FET 伝達特性の測定を行い。室温で各試料の ON / OFF 比は、TTF (キャスト)は 10、TTF (蒸着)は 50、TTF (SC₁₂)₄ は 40 程度であることがわかった。ゲート電圧により生じたキャリアが全て失われたとき、電流値はそれぞれ 10 %、2%、2.5 %まで減少することになる。この差を考慮しても、やはり TTF(キャスト)、TTF(蒸着)、TTF (SC₁₂)₄ の順にバイアスストレスによる変化が起こりにくいことがわかった。なお、TTF(キャスト)の緩和曲線において、電流値の対数は時間に比例しておらず、少なくとも二つ以上の緩和過程が寄与していると考えられる。図 3 に TTF (キャスト)の 230 K での実測データ(黒線)及び二つの過程によるフィッティング曲線を示した。青線は $\tau = 120$ sec、赤線は $\tau = 6000$ sec の緩和に相当し、紫線はその和である。

蒸着法で作製した TTF の FET は、キャスト法よりもキャリアのトラップが起こりにくい。これは、溶媒の蒸発を伴うキャスト法に比べて、蒸着法の方が分子の配列が規則的であるためであろう。また、TTF (SC₁₂)₄ の場合はアルキル鎖間の分子間力によってカラムが形成されているため、構造や配列の変化が起こりにくく、TTF(蒸着法)よりも、さらにストレス電圧の影響を受けにくいのではないかと考える。今後、X 線小角散乱や赤外反射吸収法などにより基板・有機半導体境界におけるゲート印加・非印加時の分子配列を解析し、それらの結果を併せて、バイアスストレスの原因とその抑制について議論していきたい。

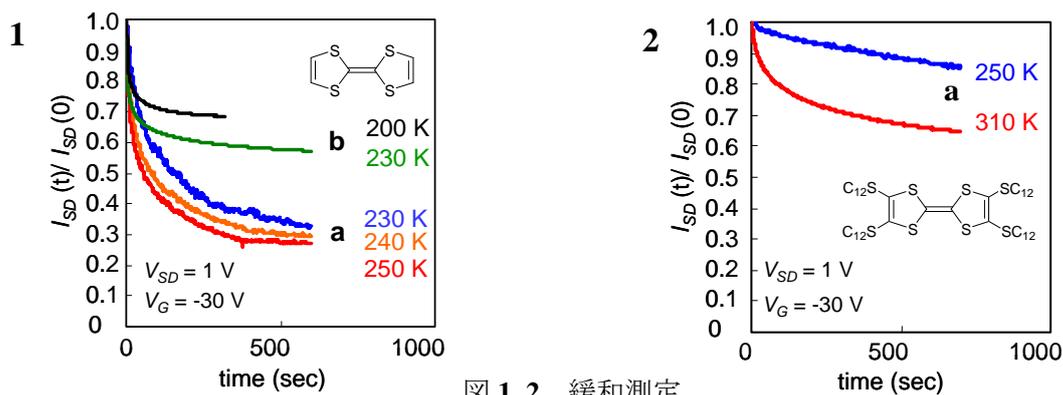


図 1, 2 緩和測定

a : キャスト法
b : 蒸着法

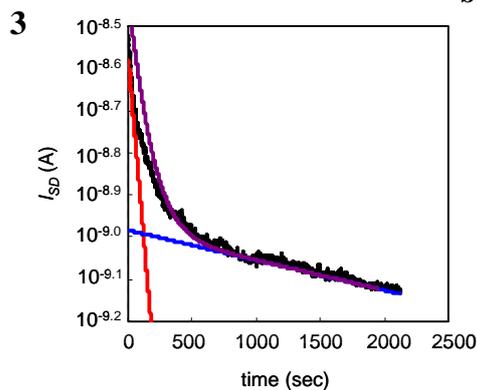


図 3 TTF(キャスト) 230 K での緩和測定

References

- ¹ Appl. Phys. Lett., 2001, 79, 1124
- ² J. Appl. Phys., 2008, 103, 044506