ジアリールエテントランジスタにおけるアンバイポーラ特性と光制御

Optical Control of Ambipolar Properties in Diarylethene Thin Film Transistors

物材機構 [1]，明大理工 [2]　京大院工 [3]

○黒川 裕香 [1,2]，早川 竜馬 [1]，島田 信哉 [3]，東口 顕士 [3]，野口 裕 [2]，松田 建児 [3]，若山 裕 [1]

NIMS [1], Meiji Univ. [2], Kyoto Univ. [3], ○Yuka Kurokawa [1,2], Ryoma Hayakawa [1], Shinya Shimada [3], Kenji Higashiguchi [3], Yutaka Noguchi [2], Kenji Matsuda [3], Yutaka Wakayama [1]

E-mail: KUROKAWA.Yuka@nims.go.jp

【背景】近年、電界だけでなく光によって制御可能な有機トランジスタが注目されている。我々は、光異性化分子として代表的なジアリールエテン (DAE)分子をトランジスタチャネルに用いた薄膜トランジスタを提案している [1-3]。これまで閉環体が p 型トランジスタとして機能することと、光照射によって電界効果に匹敵するドレイン電流の変調が実現できることを示してきた。今回新たに Fig.(a)に示す縮環チオフェンを末端基に有する DAE 分子を合成し、トランジスタ特性を評価したので報告する。従来までの p 型トランジスタ動作だけでなく n 型トランジスタとして機能し、アンバイポーラ特性を示すことが明らかになった。

【実験方法】Fig.(b)に作製したトランジスタの構造を示す。10 nm の poly(methyl methacrylate) によって表面修飾した 200 nm-SiO_2/Si 基板上にチャネル層として 25 nm の DAE 薄膜を真空蒸着法により形成した。その際、基板温度は室温で蒸着速度は 1.1 Å/min で行った。続いて 45 nm の Au をソース・ドレイン電極として蒸着し、ボトムゲート・トップコンタクト型トランジスタを作製した。

【結果・考察】Fig.(c)にドレイン電圧（V_D）を 60 V に固定したときのドレイン電流(I_D)-ゲート電圧(V_G)特性を示す。紫外光照射(340 nm) により DAE 分子を閉環体にした試料において、V_G= 45 V 前後で正のドレイン電流が誘起され、アンバイポーラトランジスタとして動作することが分かった。Fig.(c)から n 型トランジスタ動作時の電子移動度は 7×10^{-7} cm^2/Vs、閾値電圧は 45 V と算出した。また、V_D= -60 V で測定した I_D-V_G 特性から正孔移動度と閾値電圧は、それぞれ 6×10^{-7} cm^2/Vs、-7 V と導出した。一方、可視光照射(510–750 nm)により、開環体に異性化すると HOMO-LUMO ギャップが広がるためトランジスタはオフ状態となった。その後、紫外光と可視光照射によって可逆的にスイッチングすることを確認した。光照射によるドレイン電流の ON/OFF 比は p 型 n 型動作共に 30 程度となった。

上記に示すように DAE 薄膜トランジスタにおいて、アンバイポーラ特性が誘起され、光によって制御できることが分かった。今後、正孔および電子を注入しやすい電極材料の選定や電荷注入層の導入によってトランジスタ特性のさらなる改善を目指す。

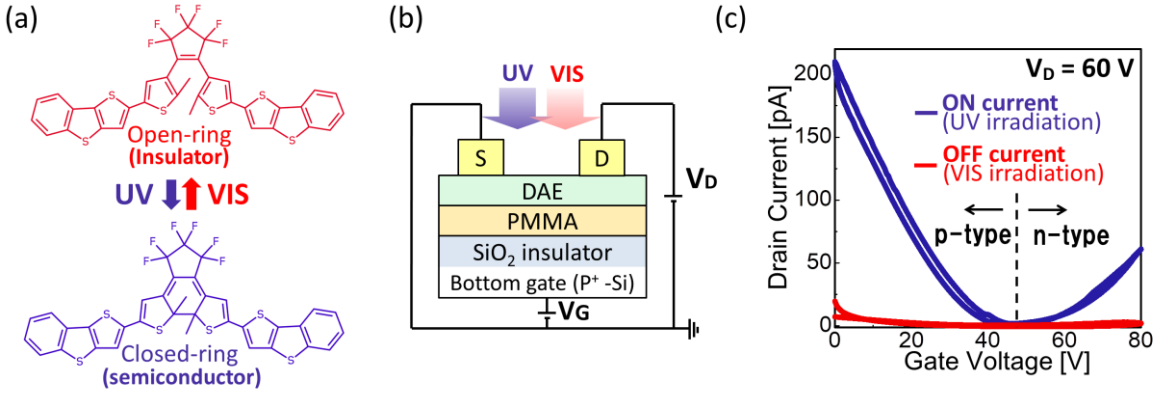

Fig. (a) Chemical structures of DAE molecules. (b) A schematic illustration of DAE-channel transistors. (c) Change in drain currents induced by alternating UV and VIS light irradiations.

【参考文献】

1) Ryoma Hayakawa *et al.*, *ACS Appl. Mater. & Interfaces*, **2013**, 5, 3625-3630.
2) Ryoma Hayakawa *et al.*, *Organic Electronics*, **2015**, 21,149-154.
3) Yuka Kurokawa *et al.*, *The 64th JSAP Autumn Meeting*, **2017**, 口頭発表(5p-C13-11),

© 2018年 応用物理学会