

スプリットゲート構造を有する発光型有機単結晶トランジスタ
Light-emitting organic single crystal transistor using split-gate structure
 最先端有機光エレクトロニクス研究センター・九州大学¹, 東京エレクトロン技術研究所(株)²

○垣添勇人¹, 合志憲一¹, 江面知彦^{1,2}, 安達千波矢¹

OPERA (Center for Organic Photonics and Electronics Research), Kyushu univ.¹
 Tokyo Electron Co., Ltd.²

○Hayato Kakizoe¹, Kenichi Goushi¹, Tomohiko Edura^{1,2} and Chihaya Adachi¹
 E-mail: kakizoe@cstf.kyushu-u.ac.jp

【緒言】 有機半導体の極性を制御し、両極性が発現することで高効率な発光型トランジスタが実現されている。我々は単結晶状態において高い蛍光量子効率を示すOligo(*p*-phenylenevinylene) (OPV)単結晶に着目し、電子とホール移動度がそれぞれ $>0.1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を示す両極性発光型トランジスタを実現してきた[1]。さらに、有機単結晶に $\sim 100 \text{ A/cm}^2$ の電流密度をつぎ込み、有機単結晶端面からの強いEL発光を観測することに成功した[2]。本研究では、さらなる高性能化を目指し、スプリットゲート電極構造に着目した。ホール、電子の両蓄積キャリアを独立的に制御することで、発光トランジスタの高効率化および、再結合幅とスプリットゲート幅の関係性について検討を行った。

【実験】 スプリットゲート電極は、熱酸化膜 300 nm を有する Si 基板にフォトリソグラフィを用いてスプリット幅 $=1 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ のパターンを作製し、Cr(厚さ:5 nm)及び Au(30 nm)をゲート電極として蒸着した。その上に基板温度を 300°Cに加熱しながら、プラズマ CVD 法を用いて、 SiO_2 (TEOS 膜)を 500 nm 成膜した。ゲート電極とコンタクトを取るために、10:1 BHF を調整し、TEOS- SiO_2 をエッチングした。その後、PMMA をディップコート法により成膜した。有機単結晶は OPV 誘導体である、*p*-Bis (*p*-styrylstyryl)benzene (P5V4)単結晶を用いた(Fig. 1[a])。気相成長法により得た P5V4 単結晶を窒素雰囲気下において上記の基板に貼り付け、Source-Drain 電極として Ag ペーストを用い、有機単結晶トランジスタを作製した(Fig. 1[b])。電圧の印加は Source、Drain にそれぞれ+100V、-100V の一定電圧を印加し、Gate1 に負電圧を、Gate2 に正電圧を印加した。

【結果・考察】 Fig. 1[c]に Gate1、Gate2 をそれぞれ-10V、+10V から-100V、+100V 印加したときの各ゲート電圧時の電流密度とそのときの外部量子効率(η_{ext})を示す。ゲート電圧が低電圧領域のとき($V_g=0 \text{ V} \sim \pm 60 \text{ V}$)、電流密度は V_g の走引とともに減少するが、 η_{ext} は増加した。このことは、ゲート電圧を印加するにつれて、Gate1、Gate2 の電位差が大きくなり、スプリット幅部分でのキャリア伝導障壁が原因である。従って、この障壁により、ホールは Gate1 から Gate2 へのキャリア伝導が阻害されていると考えられ、電子も Gate2 から Gate1 へのキャリア伝導が阻害され、電流密度が減少していると考えられる。このとき η_{ext} が増加しているのは、スプリット部分でのキャリア再結合確率が向上していることが考えられる。ゲートに高電圧を印加した場合($V_g=60 \text{ V} \sim \pm 100 \text{ V}$)、スプリット幅部分のキャリア障壁よりもホール、電子の電流量(蓄積量)が大きくなり、大部分のキャリアがスプリット幅の障壁を越えたため、電流密度が増加したと考えられる。最大 η_{ext} は 0.7%であった。有機単結晶を用いた発光型トランジスタは通常 $\sim 0.1\%$ 程度で、スプリットゲート電極構造により、ホール、電子両キャリア蓄積量を制御することで高効率を達成できた。また、 η_{ext} のスプリット幅依存性(スプリット幅 $=1\text{mm}, 3\text{mm}, 5\text{mm}$)は当日報告する。

[1]H. Nakanotani et al., Appl. Phys. Lett. 2009, 95, 033308
 [2]H. Nakanotani et al., Appl. Phys. Lett. 2009, 95, 103307

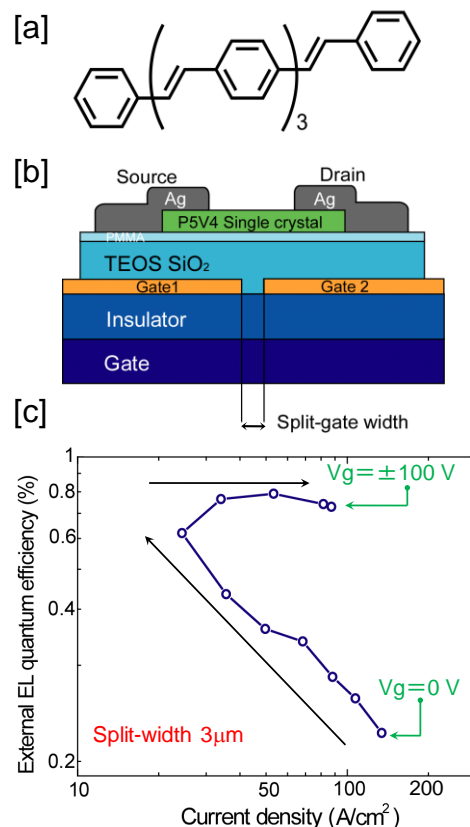


Fig. 1[a] Chemical structure of P5V4. [b] Schematic illustration of Organic single crystal transistor with split-gate electrode structure. [c] Dependence of η_{ext} on gate voltage in Organic single crystal transistor with split-gate electrode.