塗布型イメージセンサの高機能化に向けた有機フローティングゲートメモリのシナプス特性の評価

Investigation of synaptic characteristics of organic floating-gate memory for solution-processable image sensors with enhanced functionalities

大阪公立大 [1], 大阪公立大 分子エレクトロニックデバイス研 [2]
°森川 和慶 [1], 中川 和紀 [1], 西田 直之 [1], 永瀬 隆 [1,2], 小林 隆史 [1,2], 内藤 裕義 [1,2]
Osaka Metropolitan Univ.[1], RIMED[2]
°Kazuyoshi Morikawa[1], Kazuki Nakagawa[1], Naoyuki Nishida[1],
Takashi Nagase[1,2], Takashi Kobayashi[1,2], Hiroyoshi Naito[1,2]
E-mail: sa22970v@st.omu.ac,jp

1. はじめに　これまでに我々は、可溶性低分子半導体/高分子絶縁体混合体から自己組織的に形成した有機フローティングゲート (FG) 構造を用いることで、塗布プロセスによりトップゲート有機トランジスタメモリを作製し、光照射下で書込を行うことで良好なメモリ特性が得られることを報告した[1]。本メモリでは、照射光強度や印加電圧を変化させることで閾値電圧シフト量や電流量を制御することが可能であり、この特性を利用することでイメージセンサへの応用が期待できる[2]。本研究では、塗布型有機 FG メモリを用いたイメージセンサの高機能化を目的とし、短期記憶や長期記憶等の人工シナプスとしての機能を検証することを目的とした。

2. 実験　図 1(a) に作製した有機 FG メモリの構造を示す。フォトリソグラフィを用いてアレイ状の Cr/Au ソース-ドレイン電極 (チャネル長 10 μm) を形成した。有機半導体層として poly(3-hexylthiophene) (P3HT) をスピンコート法より製膜した。PMMA に可溶性ペンタセン (TIPS-pentacene) 及び可溶性フラーレン (PCBM) を重量比 80:17:3 で混合し、半導体層上に塗布し、熱処理を施すことで有機 FG 構造を形成した。制御ゲート絶縁膜 (parylene) 及び Al ゲート電極を積層することでメモリ素子を作製した。メモリ素子への書込は光照射下で正のゲート電圧 (V_G = 30 V) を 100 ms 間印加することで行った。測定開始から 10 秒に 1 回の書込を行い、ドレイン電圧 (V_D = −10 V) の印加下で V_G = 0 V における電流値を記録した。

3. 結果及び考察　図 1(b)に測定開始 2 秒後に青色 LED (中心波長 459 nm) と赤色 LED (中心波長 660 nm) 照射下で書込を行った際のドレイン電流値の変化を示す。書込後には有機 FG への電子蓄積を反映し、電流値が急激に上昇する。その後、徐々に蓄積電子が減少し、電流値が緩やかに減衰していく様子が見られた。図 1(c)、(d)には図 1(b)で示した書込を異なる光強度で 30 回行った際の電流値の変化を示す。青色 LED では光強度による大きな違いは見られないが、赤色 LED では光強度の低下に伴い電流値が減少し、30 回書込後に電流値の違いが顕著に現れることが分かった。この結果は、赤色 LED を用いた際には光強度に応じてシナプス強度が変化することを意味しており、文字認識機能を有するイメージセンサ[3]への応用が期待できる。当日では、ドレイン電流値の印加電圧及び励起波長に対する依存性についても報告する。

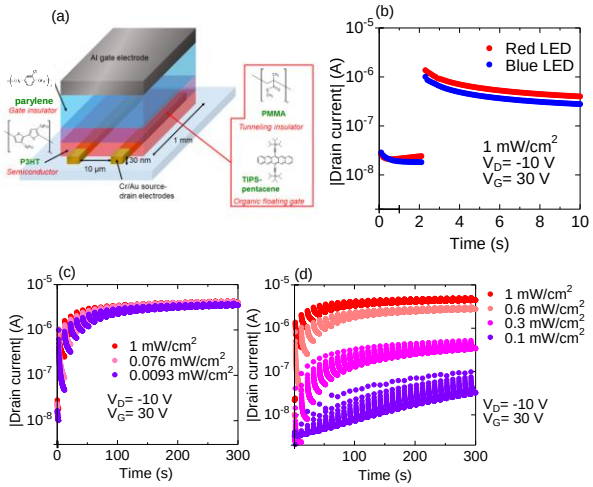

Fig. 1. (a) Structure of a solution-processed optical OFET memory with organic floating-gate layer. (b) Drain current recorded after programming under blue and red LED light illumination. (c) Light intensity dependence of drain current recorded after repeated programming with blue LED and (d) red LED.

謝辞　本研究は、三菱財団、マツダ財団及び科学研究費補助金 (JP19H02599, JP20H02716, JP20K21007, JP21H04564) の助成を受けた。

参考文献　[1] F. Shiono *et al.*, Org. Electron. **67**, 109 (2019). [2] H. Abe *et al.*, Appl. Phys. Express **14**, 041007 (2021). [3] F. Zhou *et al.*, Nature Nanotech. **14**, 776 (2019).

© 2022年 応用物理学会